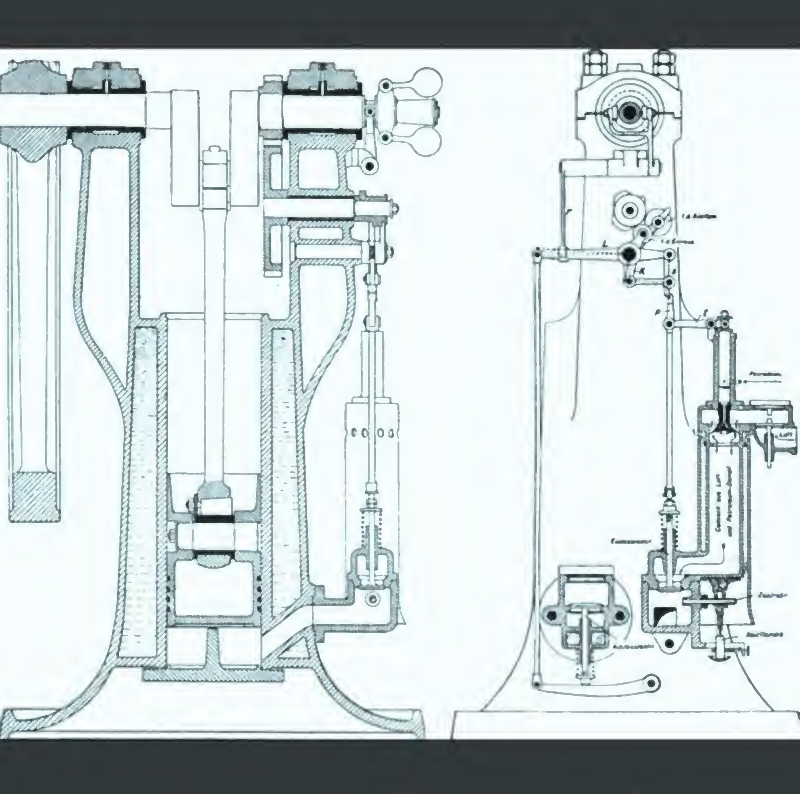


Die petroleum- und benzinmotoren, ihre ...

Georg Lieckfeld

Die

Petroleum- und Benzinmotoren

Die Petroleum- und Benzinmotoren

ihre

Entwicklung, Konstruktion, Verwendung und Behandlung

Ein Handbuch

für

Ingenieure, Motorenbesitzer und Wärter

—— aus der Praxis für die Praxis ——

bearbeitet von

G. Lieckfeld

Zivilingenieur in Hannover

Dritte Auflage

Mit 306 in den Text gedruckten Abbildungen



München und **Berlin**

Druck und Verlag von R. Oldenbourg

1908

Vorwort zur dritten Auflage.

Hervorragende Neuerungen an den mit flüßigen Brennstoffen arbeitenden Motoren sind in den letzten Jahren nicht zu verzeichnen gewesen, um so mehr ist aber seitens der älteren Fabriken für die Vervollkommnung der Konstruktion, Güte der Ausführung und Anpassung an die verschiedenen Gebrauchszwecke geschehen. Sehr hinderlich für den nutzbringenden Gebrauch und die schnelle Verbreitung der Motoren ist noch immer das mangelhafte Verständnis ihrer Eigenart in den Kreisen derer, die den meisten Nutzen von ihnen haben könnten; ebenso fehlt es mehr denn je an brauchbaren Wärtern. Eine weitere Schädigung ihres Rufes erfahren die Verbrennungsmotoren dadurch, daß so viele Fabriken ihren Bau aufgenommen haben, ohne die genügenden Erfahrungen und Mittel dafür zu besitzen. Hierdurch werden immer wieder viele Maschinen auf den Markt gebracht, die wertlos sind oder ihre Kinderkrankheiten noch nicht überstanden haben.

Es ist richtig, daß das Wartungsbedürfnis der Verbrennungsmotoren gering ist, aber die meisten Fabriken machen den Fehler, daß sie in den Anleitungen für die Bedienung nicht gründlich genug sind und nicht genügend hervorheben, daß es sehr schwer ist und viel Erfahrung erfordert, Betriebsstörungen zu beseitigen, die durch mangelhafte Wartung entstanden sind.

In allen diesen Fällen belehrend und beratend zu wirken, ist der Hauptzweck des vorliegenden Buches. Daneben wird aber auch dem jungen Konstrukteur Gelegenheit geboten, sich mit der Praxis der Verbrennungsmotoren vertraut zu machen und einen Einblick in den augenblicklichen Entwicklungsstand der Verbrennungsmotoren zu erlangen.

Hannover im November 1907.

G. Lieckfeld

Inhaltsverzeichnis.

1. Abschnitt. Seite

Herkunft und Gewinnung der flüssigen Brennstoffe 1

2. Abschnitt.

Die flüssigen Brennstoffe in ihrer Eigenschaft als Krafterzeugungsmittel . 10

3. Abschnitt.

Die Entwicklung der Benzin- und Petroleummotoren 22

4. Abschnitt.

Die Arbeitsverfahren der neueren Petroleum- und Benzinmotoren, ihre Bauarten und Konstruktionsteile 45

5. Abschnitt.

Die Zündvorrichtungen der Petroleum- und Benzinmotoren 91

6. Abschnitt.

Zeitgemäße ortsfeste Benzin-, Benzol-, Ergin- und Spiritusmotoren 110

7. Abschnitt.

Zeitgemäße ortsfeste Motoren für den Betrieb mit Petroleum und Rohöl . 142

8. Abschnitt.

Fahrzeugmotoren 153

9. Abschnitt.

Schiffs- und Bootsmotoren 180

10. Abschnitt.

Die mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Straßen- und Schienenfahrzeuge 197

11. Abschnitt.

Aufstellung und Wartung der mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Motoren 257

12. Abschnitt.

Beseitigung von Betriebsstörungen. Gefahren und Vorsichtsmaßregeln beim Umgang mit Verbrennungsmotoren 279

Erster Abschnitt.

Herkunft und Gewinnung der flüssigen Brennstoffe.

a) Das Rohpetroleum und seine Destillate.

Das Rohpetroleum, von alters her als Stein-, Berg- oder Erdöl bekannt, findet sich an zahlreichen Orten der Erde. Es tritt hier und dort ohne menschliches Zutun zutage, wird aber im großen immer aus Bohrlöchern gewonnen.

Je nach der Fundstätte bildet das Rohpetroleum eine dunkelgelbe, braune oder graugrüne ölartige Flüssigkeit von unangenehmem, stechendem Geruch mit grünem oder blauem Farbenschiller.

Hauptfundorte des Rohpetroleums sind Nordamerika und Rußland, dort die Staaten Pennsylvanien und Kanada, hier die Umgebung des Kaspischen Meeres. Von geringerer Bedeutung sind die Fundorte in Galizien, Rumänien und Deutschland, in welch letzterem sie in weiterer Umgebung der Stadt Hannover und im Elsaß (Pechelbronn) vorkommen.

In den Jahren 1879/80 glaubte man unweit der kleinen Stadt Peine, etwa 30 km östlich von Hannover, große Petroleumquellen gefunden zu haben, welche den amerikanischen und russischen ebenbürtig wären. In schneller Folge wurden hier Quellen von großer Ergiebigkeit erbohrt. Ebenso schnell, wie sie erschlossen waren, versiegten sie aber wieder und ist heute die dortige Ausbeute verschwindend.

Eine Neubelebung erfuhr die Hannoversche Petroleumindustrie, als vor einigen Jahren an dem Flüßchen Wietze Petroleum erbohrt wurde. Obgleich das Vorkommen hier ein nachhaltigeres wie bei Peine zu sein scheint, kann es sich doch nicht im entferntesten mit der Ergiebigkeit amerikanischer und russischer

Quellen messen. Man muß annehmen, daß das hannoversche Petroleumrevier nicht von ausgedehnten Becken gebildet wird, sondern aus einzelnen Klüften besteht, welche unter sich nicht zusammenhängen und je nach ihrem Inhalt mehr oder weniger schnell erschöpft sein werden.

Bezüglich seiner Entstehung glaubte man früher das Petroleum als ein Produkt trockener, unter Druck erfolgter Destillation von Pflanzenresten ansehen zu müssen. Nach neueren Forschungen spricht aber alles dafür, daß man es mit einem Destillationsprodukt zu tun hat, welches aus tierischen Resten entstanden ist.

Durch Versuche ist erwiesen, daß sich bei der Destillation tierischer Fette, welche unter starkem Druck vorgenommen wurde, ein dem Rohpetroleum vollkommen ähnliches Produkt bildet. Auch ist man berechtigt anzunehmen, daß das Rohpetroleum nicht eine Abart, sondern der eigentliche Urstoff für alle »Bitumenarten« gewesen ist. Ohne Zweifel haben sich der Bergteer, das Erdwachs, der Asphalt und ähnliche als »Bitumen« bekannte Naturprodukte teils durch Verdampfen der flüchtigen Bestandteile, teils durch Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft gebildet. So findet sich in Rußland nahe den Petroleumfundstätten der Bergteer, in Galizien das Erdwachs und in der Provinz Hannover die Asphaltlager.

Auch auf die Frage, wie örtliche Anhäufungen so gewaltiger Mengen tierischer Reste zustande kommen konnten, um die Bildung von Petroleumquellen von solcher Ergiebigkeit und Mächtigkeit zu veranlassen, läßt sich eine Antwort finden.

Geht man davon aus, daß sich in der Nähe von Petroleumfundorten stets Salzlager finden, welche wiederum das Vorhandensein ehemaliger Meere bedingen, so ist als wahrscheinlich anzunehmen, daß die Tierwelt dieser ehemaligen Meeresbecken zur Bildung der örtlichen Petroleumansammlungen gedient hat.

Man kann sich sehr wohl vorstellen, daß mit dem allmählichen Zurückweichen dieser Meere und der Bildung von »Barren« die sie bevölkernden Tiere vom Zusammenhang mit den anderen Meeren abgeschnitten wurden und so dem Absterben in großen Massen anheimfielen.

Wie erwähnt, ist das Rohpetroleum seit den ältesten Zeiten bekannt; schon in der Bibel wird darauf hingewiesen. Auch in unserem Vaterlande kennt man es seit Urväter Zeiten. So ist es z. B. in der Umgebung der Stadt Peine ein alter Brauch, auf den Feldern Gruben auszuheben, in denen sich das Öl als dickflüssige

Masse ansammelt, um dann als Wagen- und Stiefelschmiere benutzt zu werden.

Die Entstehung einer eigentlichen »Petroleumindustrie« ist neueren Datums. Erst nachdem man im Jahre 1859 zu Titusville im Staate Pennsylvanien den ersten »Rohrbrunnen« gebohrt hatte, war das rechte Mittel zur Gewinnung des Rohpetroleums in großen Mengen gefunden. Als man dann weiter gelernt hatte, den Rohstoff zu destillieren und ihm durch ein geeignetes Verfahren seinen höchst unangenehmen Geruch zu nehmen, konnte man von einem Erwachen der Petroleumindustrie sprechen. Die Schnelligkeit, mit welcher sich dann das amerikanische Petroleum als Leuchtstoff auf der ganzen zivilisierten Welt einbürgerte, stand zu jener Zeit einzig da. Kaum zehn Jahre nach dem Erbohren der ersten Petroleumquelle brannte in jedem Dorf, ja man kann wohl sagen, auf der ganzen Erde »die Petroleumlampe«. Seiner Zusammensetzung nach ist das Rohpetroleum ein Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe flüssiger, gasförmiger und fester Natur. Es hat ein spezifisches Gewicht von 0,75 bis 0,95, je dunkler, um so schwerer ist es.

Die direkte Verwendung des Rohpetroleums beschränkt sich auf seine Benutzung als Feuerungsmaterial und als Heilmittel.

Als Feuerungsmaterial kommt es nur dort in Betracht, wo es durch den Transport nicht verteuert wird. So sind z. B. die das Kaspische Meer und die Wolga befahrenden Dampfschiffe und die Lokomotiven, welche auf den Eisenbahnen jener Gegenden benutzt werden, mit Erdölfeuerungen versehen. Auch hat es sich bewährt, lockere poröse Brennstoffe, wie Braunkohle und Torf mit Rohpetroleum zu tränken und in dieser Form zu verfeuern. Als Heilmittel ist das Rohpetroleum am längsten bekannt, es wird zu diesem Zweck gereinigt, durch Zusatz einer neutralen Seife in Salbenform gebracht und als Naphthalansalbe in den Apotheken verkauft. Seine Heilwirkung bei Hautverletzungen und rheumatischen Affektionen wird von vielen Seiten gerühmt.

Durch Erhitzen des Rohpetroleums und Kondensieren der sich bildenden Dämpfe läßt sich eine umfangreiche Zerlegung desselben bewirken. Die so erhaltenen Destillationsprodukte sind es, durch welche das Rohpetroleum seine große Bedeutung im Haushalt, in den Gewerben und der Industrie erlangt hat.

Je nach der Temperatur, bei welcher man die Destillation des Rohpetroleums vornimmt, lassen sich drei Hauptgruppen der gewonnenen Stoffe unterscheiden:

1. Die bis 150° übergehenden leichtflüchtigen Stoffe.
2. Das zwischen 150 und 270° aufgefangene Gemisch, das eigentliche Leuchtpetroleum und Motorenpetroleum.
3. Die über 270° destillierten Stoffe, welche als Mineralschmieröl in den Handel gelangen.

Je nach der Fundstätte des Rohpetroleums sind die Ausbeuten in diesen drei Destillationsgruppen sehr verschieden.

Die größte Menge an »Leuchtpetroleum« liefert der amerikanische Rohstoff, während das russische Rohpetroleum mehr Stoffe der Gruppe 3 — Mineralöle — ergibt.

Alle Produkte der Petroleumdestillation finden ausgedehnte technische Verwertung. Jede der drei Hauptgruppen wird heute durch nochmals wiederholte Destillation in eine große Zahl von Stoffen mit immer enger begrenzten Destillationstemperaturen zerlegt, die unter den verschiedensten Bezeichnungen in den Handel gelangen. Z. B. stellt die Petroleumraffinerie vorm. August Korff, Aktiengesellschaft in Bremen allein aus der ersten bis 150° übergehenden Destillatgruppe dar:

Erzeugnisse der Abteilung Benzinfabrik.

Benennung	Spez. Gewicht
Rhigolen	ca. 0,615—0,625
Petroleum-Äther	» 0,630—0,640
Gasoline Nr. 0	» 0,640—0,650
Hydririn, Name ges. gesch. (für Luftgaserzeugung)	» 0,650
Gasoline Nr. I	» 0,650—0,660
» Nr. II für (Koch- und Heizzwecke)	» 0,670—0,680
Benzin für Motorwagen und Motorräder (Veloyin, Name ges. gesch.)	» 0,670—0,680
Korffs Motorenbenzin, für feststehende Motoren besonders hergestellt	» 0,670—0,680
Korffs Benzin Nr. I { Fleckwasser » » Nr. II { für Beleuchtungs-, Extraktions-, Auflösungs- und Entfettungszwecke	» 0,690—0,700
Korffs Benzin Nr. III zu Beleuchtungs- und Entfettungszwecken	» 0,710—0,730
Terpentinöl-Surrogat (Putzöl)	» 0,730—0,750

Verwendungszwecke der aus Gruppe 1 gewonnenen Destillate sind: Der zwischen 40 und 50° gewonnene Petroleumäther, spez. Gewicht 0,64, wird als Lösungsmittel für Kautschuk und verschiedene andere Harze benutzt. Das zwischen 70 und 80° übergehende Gasoline, spez. Gewicht 0,66, wird zur Extraktion von Ölen und Fetten und Erzeugung von »Luftgas« (Aerogengas, Homogengas usw.) benutzt. Zwischen 80 und 100° geht das Benzin, spez. Gewicht 0,68 bis 0,7, über, dessen Verwendung zur Krafterzeugung im vorliegenden Werk zu ausführlicher Besprechung gelangt. Endlich wird noch zwischen 100 und 170°, spez. Gewicht 0,73 bis 0,75, das »Terpentinölsurrogat« (Putzöl) gewonnen, welches auch zur Krafterzeugung benutzt werden kann.

Die zweite, zwischen 170 und 270° gewonnene Gruppe von Stoffen liefert die Klasse der Leuchtöle. Während man bis vor etwa zehn Jahren eine Abstufung in dieser Gruppe noch nicht vornahm, kommen jetzt auch Leuchtöle verschiedener Qualität in den Handel, z. B. Kaiseröl, spez. Gewicht 0,78 bis 0,8; amerikanisches Leuchtöl, spez. Gewicht 0,8 bis 0,81; russisches Leuchtöl, spez. Gewicht 0,82 bis 0,825 und die sog. Treiböle für den Betrieb der Diesel-, Hornsby und anderer Motoren.

Die dritte Destillationsgruppe bilden die Mineralschmieröle, deren spez. Gewichte zwischen den Grenzen 0,895 und 0,960 liegen. Sie finden die ausgedehnteste Verwendung als Schmiermaterial und haben die noch vor 30 Jahren allgemeingebräuchlichen Pflanzen- und Tierfette fast gänzlich verdrängt.

Alle Produkte der ersten Destillationsgruppe verdunsten schon bei Lufttemperatur mehr oder weniger stark. Ihre Dämpfe bilden dann ohne weiteres mit der Luft Gemische von großer Explosiblität. Auf dieser Eigenschaft beruht die vorzügliche Verwendbarkeit der leichtflüchtigen Mineralöle zur Krafterzeugung; sie schließt aber auch große Explosions- und Feuersgefahr beim Transport und bei der Lagerung in sich.

Bei der Gruppe 2, den Leuchtölen, ist die Explosionsgefahr erheblich geringer, namentlich wenn, wie das heute durchgängig geschieht, die Destillation mit Sorgfalt durchgeführt wird. Ein auf die Oberfläche guten Leucht- oder Motorpetroleums geworfenes brennendes Zündholz darf das Öl nicht entzünden, sondern soll erlöschen als wenn es ins Wasser fiele. Erst bei Erhitzung über 30° dürfen sich Dämpfe bilden, die sich entzünden lassen. Weniger gut destilliertes Leuchtpetroleum enthält noch eine mehr oder

weniger große Menge von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen in Lösung, die schon bei gelinder Erwärmung, wie sie durch den Wechsel in der Lufttemperatur vorkommt, entweichen und mit der Luft leicht entzündbare, heftig explodierende Gemische bilden.

b) Die flüssigen Destillate der Mineralkohlen.

(Stein- und Braunkohle.)

In neuerer Zeit sind auch die aus den Mineralkohlen gewonnenen flüssigen Kohlenwasserstoffe für den Motorenbetrieb in Aufnahme gekommen.

Die Bildung der Mineralkohle wird auf die Zersetzung von Pflanzenresten früherer Zeitepochen zurückgeführt; aus den Einbettungen und der Tiefe, in welcher sich die ältesten Steinkohlenflöze finden, läßt sich berechnen, daß die Blütezeit der Pflanzen, aus denen sie sich einst gebildet haben, über zwei Millionen Jahre zurückliegt.

Je nach der Art der Pflanzen, welche zur Zersetzung gelangten, ob Meeres-, Land- oder Sumpfgewächse, ist die aus ihnen entstandene Kohle verschiedener Art; soweit die Herstellung gasförmiger und flüssiger Brennstoffe in Frage kommt, haben wir gasreiche und gasarme Kohle zu unterscheiden. Je älter die Steinkohle ist, je tiefer sie liegt, um so gasärmer ist sie. Der Bildungsprozeß der Mineralkohlen ist noch nicht zum Abschluß gelangt, und noch heute findet eine fortdauernde Änderung ihrer Zusammensetzung statt. Dies beweisen die in allen Kohlenbergwerken auftretenden, mehr oder weniger starken Ausscheidungen von Gasen — Kohlenwasserstoffe und Kohlensäure. Hervorgerufen wird die andauernde Entgasung der Kohle durch die Erdwärme und den Druck der auf den Steinkohlenflözen lagernden Gebirgsmassen. Eine nutzbringende Verwendung der den Steinkohlenbergwerken entströmenden »Naturgase« — Kohlenwasserstoffe und Kohlensäure — läßt sich nicht durchführen. Bis jetzt sind diese Gase als ein unvermeidliches Übel, dessen man sich nur mit Mühe erwehren kann, zu betrachten.

Flüssige Brennstoffe, welche bei der Bildung der Mineralkohle entstanden wären, kommen in der Natur nicht vor. Sie wurden bis vor wenigen Jahren nur aus den Teeren der Stein- und Braunkohlen gewonnen, welche sich bei der trockenen Destillation, d. h. bei Erhitzung der Kohlen unter Luftabschluß, bilden. Durch abermalige Destillation des Steinkohlenteers für sich

allein scheiden sich aus diesem die flüssigen Kohlenwasserstoffe ab, die als Rohbenzol in den Handel gelangen und der Hauptsache nach ein Gemisch aus Benzol, Toluol und Xylol sind. Dies Rohbenzol eignete sich zwar vortrefflich für den Motorenbetrieb, es war aber in viel zu geringen Mengen erhältlich, um an seine allgemeine Einführung als Motorenbrennstoff denken zu können. Aus 1000 kg Steinkohle entstehen bei ihrer trockenen Destillation nur 40 bis 50 kg Teer und aus diesem Teer können wiederum nur 1 bis $1^1/_2$% Rohbenzol gewonnen werden. Hierzu kam noch, daß gewisse Bestandteile des Rohbenzols sehr begehrte Rohstoffe für die Farbenindustrie waren. Diese Verhältnisse haben sich inzwischen sehr geändert. Nachdem es gelungen ist, den Gasen, welche beim **Koksofenbetrieb** entstehen, ihren Gehalt an Benzol zu entziehen, steht uns das Rohbenzol in großen Mengen zur Verfügung, das vor den Destillaten des Rohpetroleums sehr beachtenswerte Vorzüge besitzt.

Bei der Bedeutung, welche die flüssigen Destillate der Steinkohlen, also das Benzol, in Zukunft ohne Frage noch erlangen werden, ist es von Interesse, des Entwicklungsganges ihrer Gewinnung in kurzen Worten zu gedenken.

Wie schon erwähnt, war die Benzolausbeute aus dem Gasteer sehr gering. In viel größerem Maße findet es sich im Leuchtgase selbst, hier ist es in mehr wie 20mal größerer Menge wie in dem gleichzeitig gebildeten Teer enthalten. Leider darf man aber dem Leuchtgas das Benzol nicht entziehen, da seine Leuchtkraft von dem Gehalt an Benzol abhängt. Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse bei dem Koksofengas, jenem Gas, welches bei der Kokserzeugung als Nebenprodukt entsteht und bis vor wenigen Jahren nur zur Heizung von Dampfkesseln benutzt wurde. Die Koksofengase enthalten zwar nicht so viel Benzol wie das Leuchtgas, man gewinnt bei Verarbeitung von 1000 kg Kohle etwa 7 kg Rohbenzol, dafür stehen diese Gase uns aber in so großen Mengen zur Verfügung, daß die jährlich aus ihnen erzeugten Benzolmengen sich im Jahre 1906 auf ca. 70 Millionen Kilogramm beliefen. Da das Koksofengas nur Heizzwecken dient und für Beleuchtung gar nicht in Frage kommt, so kann man ihm unbedenklich seinen ganzen Benzolgehalt nehmen. Die Verarbeitung der Koksofengase auf Rohbenzol und andere Nebenprodukte vor ihrer Verwendung zu Heizzwecken gelangte in Deutschland Ende der achtziger Jahre zur Einführung. Damit vergrößerte sich die Produktionsmenge des

Benzols in dem Maße, daß sein Preis von M. 400,— pro 100 kg, die man im Jahre 1882 zahlte, im Jahre 1901 bis auf M. 21,— gesunken war. Sollte die »Destillationskokerei«, mit welchem Namen man die Verarbeitung der Koksofengase auf Benzol und Ammoniak bezeichnet, rentabel bleiben, so mußte nach einem weiteren umfangreichen Verwendungsgebiet für Benzol gesucht werden, und in seiner Benutzung für den Betrieb von Motoren hat sich wohl das aussichtsvollste und wichtigste aller Absatzgebiete gefunden. Die Verhältnisse für den Motorenbetrieb liegen deshalb besonders günstig, weil man das Rohbenzol ohne große Kosten durch erneute Destillation in leicht und schwer siedende Bestandteile zerlegen kann. Die Farbenfabriken brauchen die leichtsiedenden Stoffe, während für den Motorenbetrieb die schwerer siedenden besser geeignet sind, solcher Art wird also das eine Absatzgebiet durch das andere nicht geschädigt. Diese Zerlegung des Rohbenzols eingeführt zu haben ist das Verdienst der Aktiengesellschaft Rütgerswerke, sie bringt unter dem Namen »Ergin« ein Gemisch von Benzoldestillaten in den Handel, welches nicht nur in allen heute gebräuchlichen Motorkonstruktionen benutzt werden kann, sondern auch einer der billigsten Motorbrennstoffe ist, die wir zur Zeit haben.

Daß sich auch die Braunkohle zur Darstellung flüssiger Brennstoffe eignet, ist seit langer Zeit bekannt. Der gewonnene Brennstoff führt hier den Namen »Solaröl« und wird in den »Braunkohlenschwelereien«, welche ihren Sitz namentlich in den Gegenden um Leipzig und Halle haben, gewonnen.

Die für die Schwelereien benutzte Braunkohle ist erdiger Struktur und nicht für den Transport geeignet. Im Gegensatz zu der »Destillationskokerei«, wo der Koks das Hauptprodukt bildet und das Benzol, das Ammoniak und das Koksofengas die Nebenprodukte sind, ist bei der Braunkohlenschwelerei der Teer das Hauptprodukt, aus dem durch abermalige Destillation dann Paraffin und Solaröl gewonnen werden. Das in den Öfen verbleibende Kokspulver und das Schwelgas bilden hier die Nebenprodukte. Ersteres wird als sog. »Grudekoks« in Küchenherden verwendet, während man die Schwelgase zum Heizen der Dampfkessel oder für den Betrieb von Gasmotoren benutzt.

Durch trockene Destillation des Torfes, des Holzes, der Harze und Fette lassen sich ebenfalls flüssige Brennstoffe herstellen, die für den Betrieb von Motoren geeignet sind, sie werden zurzeit nur nicht verwendet, weil sie zu teuer und nicht überall im Handel zu haben sind.

c) Der Alkohol.

Außer den Destillationsprodukten des Rohpetroleums und der Mineralkohlen, haben wir noch in dem Alkohol einen Brennstoff, welcher eine große Anzahl guter Eigenschaften für den Motorbetrieb in sich vereinigt. Der Alkohol kann in sehr verschiedener Weise gewonnen werden, die gebräuchlichste ist die durch Gärung zucker- oder stärkemehlhaltiger Pflanzenstoffe. Das billigste Rohmaterial für die Darstellung des Alkohols ist in Deutschland zurzeit die Kartoffel. Es ist nicht ausgeschlossen, daß der Alkohol früher oder später in anderer Weise oder aus anderen billigeren Pflanzenstoffen hergestellt wird.

Der aus den Kartoffeln gewonnene Alkohol, wie er in den Handel gebracht wird, und wie wir ihn für den Betrieb von Motoren benutzen, führt den Namen Spiritus. Er ist mit 10 bis 15% Wasser verdünnt, und durch Fuselöl verunreinigt. Der Preis des Spiritus hängt von der Ergiebigkeit der jedesmaligen Kartoffelernte ab und war hierdurch die allgemeine Einführung als Motorbrennstoff sehr behindert. Die Vereinigung deutscher Spiritusfabrikanten entschloß sich daher vor etwa 5 Jahren, den Motorspiritus, falls sich der einzelne Motorbesitzer zu einer jährlichen Abnahme von mindestens 5000 kg verpflichtete, an allen Orten Deutschlands bis zum Jahre 1908 zu dem gleichen Preise zu liefern und zwar jedesmal vom 1. November bis 15. Mai zu M. 15,— pro 100 kg, vom 16. Mai bis 31. Oktober zu M. 16,—. Bei diesen Preisen ist Spiritus- und Benzinbetrieb ungefähr gleich teuer.

Durch diesen Beschluß der Spiritusfabrikanten ist die Einführung der Spiritusmotoren seinerzeit sehr gefördert worden. Die Preise des Spiritus für andere Zwecke haben in dieser Periode aber sehr geschwankt, zeitweise steigerten sie sich um mehr wie das doppelte. Soviel dem Verfasser bekannt ist, hat die Spiritusvereinigung diese Lieferungsverträge mit den Motorenbesitzern nicht erneuert. Dadurch ist die weitere Verbreitung der Spiritusmotoren wieder sehr gehemmt worden. Während auf der 17. Wanderausstellung der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft im Jahre 1903 zu Hannover fast nur Spiritusmotoren ausgestellt waren, überwog im Jahre 1906 auf der Ausstellung in Berlin die Zahl der mit Benzin und Ergin betriebenen Motoren schon bedeutend, und auf der diesjährigen (1907) landwirtschaftlichen Ausstellung war kaum noch ein Spiritusmotor zu finden.

Da die Mineralkohlen und das Rohpetroleum sich nicht neu bilden und nicht in unerschöpflichen Mengen vorhanden sind, so unterliegt es keinem Zweifel, daß wir in Zukunft immer mehr auf die flüssigen Brennstoffe angewiesen sein werden, welche sich aus den jetzt wachsenden Pflanzen erzeugen lassen. Solange die Sonne ihre Strahlen noch auf das Ackerland sendet, werden wir die zur Darstellung des Spiritus dienenden Feldfrüchte alljährlich von neuem mit Sicherheit ernten können, während wir uns über die Vorräte, welche unsere Erde an Mineralkohlen- und Ölen in sich birgt, im unklaren sind. Mit den mineralischen Brennstoffen verwerten wir die Sonnenwärme vergangener Jahrtausende, mit dem Spiritus die der Gegenwart. Je mehr sich der Vorrat an mineralischen Brennstoffen seinem Ende neigt, um so mehr sind wir auf das Pflanzen- und Tierreich der Jetztzeit angewiesen. Der Landwirt der Zukunft wird seine Bestrebungen also nicht nur auf die Erzeugung von Nahrungsmitteln für Menschen und Tiere zu richten haben, sondern in immer steigendem Maße auf den Anbau von Früchten und Pflanzen, aus denen sich konzentrierte Brennstoffe gewinnen lassen, die wir zur Erzeugung von Wärme, Kraft und Licht benützen können, denn diese sind für unsere Lebensführung nicht minder wichtig wie die Nahrungsmittel.

Zweiter Abschnitt.

Die flüssigen Brennstoffe in ihrer Eigenschaft als Krafterzeugungsmittel.

So groß die Fülle der Brennstoffe auch ist, welche uns die Natur darbietet, giebt es doch kaum einen, den wir direkt für den Betrieb von Verbrennungskraftmaschinen benutzen könnten. Fast allen natürlichen Brennstoffen mangelt die chemische Reinheit, d. h. die Eigenschaft durch und durch nur Brennstoff zu sein. Bis jetzt haben wir nur Verbrennungskraftmaschinen, welche mit gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen betrieben werden, die Maschinen auch für den Betrieb mit festen Brennstoffen einzurichten, ist bisher noch nicht gelungen.

In der vorliegenden Schrift haben wir es nur mit den die flüssigen Brennstoffe verarbeitenden Kraftmaschinen zu tun.

Alle diese Brennstoffe sind Industrieprodukte, die ursprünglich nicht für den Betrieb von Motoren hergestellt wurden, sondern deren Eigenschaften der Motorenkonstrukteur seine Maschine anpassen mußte. Erst in neuester Zeit ist man sich darüber klar geworden, daß man den Brennstoff auch der Maschine anpassen kann, in der er Kraft erzeugen soll, und es ist zu hoffen, daß wir aus diesem Zusammenwirken von Brennstoffabrikanten und Maschinenkonstrukteuren bedeutende Fortschritte im Motorenbau erwarten können.

Die Eigenschaften, welche ein guter Motorenbrennstoff haben soll, sind folgende:

1. Großer Wärmewert.
2. Billigkeit und größte Verbreitung im Handel.
3. Vollkommene Verbrennbarkeit ohne Rückstände fester oder flüssiger Natur.
4. Geruchlosigkeit des Stoffes und seiner Verbrennungsprodukte.
5. Leichte Dampf- oder Nebelbildung.
6. Leichte Mischbarkeit der Dämpfe oder Nebel mit Luft in weitesten Grenzen und Beständigkeit dieser Mischungen.
7. Sichere Entzündbarkeit der Brennstoff-Luftgemische durch die gebräuchlichen Zündmittel.
8. Zulassung möglichst hoher Verdichtung der Gemische.
9. Geringe Feuers- und Explosionsgefahr.

Prüft man die vorhandenen flüssigen Brennstoffe auf diese Eigenschaften, so kommen heute in Betracht:

die Benzine vom spez. Gewicht 0,65 bis 0,71,
die Petroleumarten bis zum spez. Gewicht 0,865,
das Rohbenzol,
das Ergin,
das Solaröl,
der Spiritus.

Das Benzin.

Der Wärmewert des Benzins ist ein sehr hoher, er liegt innerhalb der Grenzen von 10000 bis 10400 WE.[1]) (Steinkohle hat nur einen Wärmewert von 7500, Koks 6500 und Holz 2800 WE.) Der Preis des Motorenbenzins ist sehr schwankend gewesen. Im Jahre

[1]) Eine Wärmeeinheit oder Kalorie ist die Wärmemenge, welche nötig ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° zu erhöhen.

1894, beim Erscheinen der ersten Auflage dieses Werkes, kostete Benzin vom spez. Gewicht 0,68 pro 100 kg M. 16,75, 1897 nur M. 13,—. Im Jahre 1901 zahlte man M. 29,—. Heute (Juli 1907) kostet das Benzin M. 37,—.

Dabei ist zu bemerken, daß gemäß der Verordnung des Bundesrates vom 2. Dezember 1885 das Benzin, Ligroin, Naphtha und andere Petroleumdestillate **unter 0,79 Dichtigkeitsgraden** für Krafterzeugungszwecke unter Kontrolle zollfrei verwendet werden dürfen, soweit **gewerbliche Zwecke** in Frage kommen.

Die Steuer für Benzin beträgt M. 7,75 pro 100 kg.

In rechtem Verhältnis mit Luft gemischt, besitzt das Benzin die Eigenschaft vollkommenster Verbrennung, es hinterläßt weder feste noch flüssige Rückstände. Die mit Benzin betriebenen Motoren brauchen bei richtiger Schmierung der Zylinder nur selten gereinigt zu werden, und auch die Auspuffgase haben durchaus keinen unangenehmen Geruch. Wenn man den mit Benzin betriebenen Automobilen nachsagt, daß sie bei der Fahrt einen unangenehmen Geruch hinterlassen, so ist die Ursache nicht in den Verbrennungsprodukten des Benzins, sondern in dem halbverbrannten Schmieröl zu suchen, welches bei zu starker Schmierung oder unvollkommener Konstruktion mit aus dem Auspuffrohr herausgerissen wird. Wie wir später noch hören werden, haben die Öldämpfe die Eigenschaft, sich sehr lange schwebend als Nebel in der Luft zu erhalten, und daher der nachhaltige unangenehme Geruch der Automobile.

Das Benzin gehört zu den leichtflüchtigsten Brennstoffen, welche für Verbrennungsmotoren benutzt werden, schon bei Temperaturen um 0° herum genügt seine natürliche Verdunstung, um mit Luft Gemische zu bilden, welche in geschlossenen Räumen mit starker Druckentwicklung verbrennen und ohne weiteres für den Betrieb von Motoren verwendet werden können. Mit steigender Temperatur nimmt die Verdunstbarkeit des Benzins schnell zu, schon bei 15° haben wir mehr Brennstoff im »natürlichen Gemisch« wie verbrennen kann, und muß diesem weitere Luft zugemengt werden, um es für den Gebrauch im Motor tauglich zu machen.

Die Mischung der Benzindämpfe mit der atmosphärischen Luft erfolgt mit außerordentlicher Schnelligkeit. Die kleinen im Viertakt arbeitenden Benzinmotoren der Motorräder machen in der Minute über 2000 Umdrehungen, so daß für die einzelne Misch-

periode nur der 70. Teil einer Sekunde verbleibt, und trotzdem läßt die sichere Zündung und Kraftäußerung dieser Motoren nichts zu wünschen übrig.

Auch die Beständigkeit des Benzindampfluftgemisches ist als vollkommen zu bezeichnen. Die sog. Luftgasanstalten [1]), welche ganze Städte mit Gas versorgen, beweisen, daß Gemische von Benzindämpfen mit Luft, wie sie hier zur Verwendung gelangen, weite Strecken durch Rohre fortgeleitet werden können, ohne daß das Gas an Entzündbarkeit oder Brennbarkeit Einbuße erleidet.

Hinsichtlich der Entzündbarkeit des Benzinluftgemisches ist zu erwähnen, daß von den uns heute zu Gebote stehenden Zündmitteln: Glühkörper, elektrischer Funke und Kompressionswärme nur die beiden ersten für Benzinmotoren benutzt werden. Die Glühröhrchen sind bis auf Rotglut zu erhitzen, damit die Zündung rechtzeitig eintrete. Da die Beschaffung einer sicher und sparsam brennenden Heizlampe für diese Temperatur seine Schwierigkeiten hat und auch die Vorschriften der Feuerversicherungen die Verwendung von Heizlampen nur unter besonderen Vorsichtsmaßregeln gestatten, so ist die Glührohrzündung wenig im Gebrauch und bleibt für Benzinbetrieb eigentlich nur die elektrische Zündung übrig. Bei ortsfesten, langsam laufenden Motoren sind die bekannten magnetelektrischen Zündapparate mit niedrigen Spannungen in Benutzung, für schnellaufende Automobilmotoren steigert man meistens die Stromspannung des Magnetapparats durch eine eingeschaltete Induktionsspule. Hohe Verdichtung der Ladung ist bei den Benzinmotoren nicht zulässig. Schon bei 5 Atm. machen sich in den Motoren Stöße bemerkbar, die von vorzeitiger Entzündung der Ladung herrühren und die Kraftäußerung der Maschine schädigen. Die schwächste Seite des Benzins ist die große Feuers- und Explosionsgefahr, welche mit seiner Benutzung verbunden ist. Wenn die Feuerversicherungen auch viele Vorsichtsmaßregeln [2]) für Aufstellung der Benzinmotoren vorschreiben und die Annahme der Versicherung von Ausführung und Befolgung dieser Vorschriften abhängig machen, so kann trotzdem nicht genug zur Vorsicht gemahnt werden.

---

[1]) Unter »Luftgas« sind alle die Leuchtgase zu verstehen, welche durch Mischung der Dämpfe leichter Kohlenwasserstoffe mit atmosphärischer Luft hergestellt werden, wie das Aerogengas, Benoydgas, das Homogengas usw.

[2]) Im Abschnitt über Aufstellung der Motoren sind die von den Feuerversicherungen vorgeschriebenen Bestimmungen zum Abdruck gelangt.

Der große Aufschwung, welchen die Verwendung der Automobile in den letzten Jahren genommen hat, machte es nötig, große Mengen von Benzin in den Städten vorrätig zu halten, und es ist ein sehr verdienstvolles und aussichtsreiches Unternehmen, Einrichtungen zu konstruieren, durch deren Benutzung die Feuersgefahr bei der Lagerung von Benzin soviel wie möglich beschränkt wird.

Das Petroleum.

Unter dem Namen Petroleum verstehen wir, soweit Motoren in Frage kommen, alle die Destillationsprodukte, welche innerhalb der Temperaturgrenzen von 150° bis 270° übergehen, deren spezifische Gewichte zwischen 0,73 und 0,86 liegen.

Der Wärmewert der verschiedenen Petroleumarten ist je nach der Fundstätte und der Sorgfalt der Destillation ein verschiedener und kann als zwischen den Grenzen 10000 und 11000 WE liegend angenommen werden. Unter allen im Handel vorkommenden Brennstoffen ist also bei dem Petroleum die größte Wärmemenge in dem kleinsten Volumen angesammelt; dabei ist das Petroleum, namentlich wenn die bei den hohen Temperaturen übergehenden Destillate für sich gehalten werden, ganz erheblich billiger wie das Benzin. 100 kg Petroleum, wie es im Dieselmotor benutzt wird, kosten M. 10,— bis M. 12,—, während Benzin mit M. 37,— pro 100 kg bezahlt wird. Diese schweren Petroleumdestillate oder Rohöle, wie man sie auch nennt, stehen dabei in großen Mengen zur Verfügung und entsprechen auch in jeder Hinsicht der Bedingung, daß sie ohne Rückstände fester oder flüssiger Natur verbrannt werden können, wenn die dazu notwendigen Einrichtungen im Motor vorhanden sind.

Hinsichtlich des Wärmewertes, der Billigkeit und Möglichkeit vollkommener Verbrennung ist also gegen das Petroleum nichts einzuwenden. Mit den übrigen Forderungen an einen guten Motorbrennstoff ist es aber bei ihm nicht so gut bestellt. Die billigen sog. schweren Petroleumdestillate haben nämlich einen sehr starken, unangenehmen Geruch; ebenso wirken auch die Verbrennungsgase der meisten Petroleummotoren durch ihren widerlichen Geruch so belästigend, daß man sich in den Städten und auf dem dichter besiedelten Lande gegen die Aufstellung solcher Maschinen energisch gewehrt hat. Es gibt zwar in dem Dieselmotor und den nach ähnlichen Verfahren arbeitenden Motoren Maschinen, welche das Petroleum

vollkommen verbrennen und die mit fast geruchlosem und unsichtbarem Auspuff arbeiten, der starke Geruch des Brennstoffs selbst macht sich aber auch hier in engen, schlecht ventilierten Maschinenlokalen belästigend bemerkbar.

Das größte Hindernis aber, Petroleum in den nach Art der gebräuchlichen Gas- und Benzinmotoren konstruierten Maschinen zu verarbeiten, sind die Schwierigkeiten, welche sich bei der Bildung und Erhaltung eines Gemisches aus Petroleumdämpfen und Luft zeigen. Alle Petroleumarten, welche uns zur Verfügung stehen, verdampfen erst bei höheren Temperaturen, wie sie die atmosphärische Luft hat und muß der Brennstoff durch künstliche Erwärmung zur Verdampfung gebracht werden. Außerdem haben wir es nicht, wie bei dem Benzin, mit einem Stoff von eng begrenzten Destillationstemperaturen zu tun, sondern mit einem Gemisch von Kohlenwasserstoffen, deren Siedepunkte in den weiten Temperaturgrenzen von 150 bis oft über 300° liegen. Hierzu kommt noch, daß schon bei Temperaturen unter 300° eine chemische Zersetzung von Bestandteilen des Petroleums in »Fettgas« beginnt, die unerwünscht ist, da sie eine Änderung des Mischungsverhältnisses bedingt.

Wollen wir also Motoren konstruieren, bei denen Gemische von genau bestimmter Zusammensetzung zu bilden und während einer gewissen Zeit zu erhalten sind, so dürfen wir die Verdampfung weder bei zu niedrigen, noch bei zu hohen Temperaturen vornehmen und müssen außerdem noch dafür sorgen, daß das Gemisch, während es im Motor als solches verweilt, ebenfalls nicht zu sehr abgekühlt oder erhitzt werde. Ein Unterschreiten der Temperatur von 300° ist weniger schädlich wie ein Überschreiten, denn die Petroleumdämpfe, sobald sie mit kälterer Luft in Berührung kommen, gehen nicht sofort wieder in den flüssigen Zustand über, sondern bilden erst einen beständigen Nebel, d. h. es entstehen winzig kleine Bläschen von flüssigem Petroleum mit einem Inhalt von Luft. Dieser »Petroleumnebel« läßt sich leicht mit weiterer Luft mischen und verbrennen. Treffen die Nebelbläschen aber auf feste Körper oder Wandungen, die eine niedrigere Temperatur wie ihre Verdampfungstemperatur haben, so nehmen sie sofort flüssige Form an und entziehen sich der Verbrennung.

Das Petroleum in größeren Mengen im voraus zu verdampfen oder in Nebelform überzuführen und wie Gas zu verarbeiten, hat sich nicht bewährt, weil man es mit Dämpfen und nicht mit beständigen Gasen zu tun hat. Besser gelingt die Herstellung eines gleich-

mäßigen Gemisches, wenn für jeden einzelnen Hub das genau abgemessene und fein zerstäubte Petroleum zur Verdampfung gebracht und gleichzeitig oder unmittelbar hinterher die Verbrennungsluft zugeführt wird.

Die hierzugehörenden Abmeßapparate, Zerstäubungs- und Verdampfapparate, die Art und Weise der Luftzuführung, der Schutz des gebildeten Gemisches gegen ungeeignete Abkühlung sind es, mit deren zweckentsprechender Konstruktion man sich seit Jahrzehnten abmüht, ohne daß gesagt werden könnte, es wären allseitig befriedigende Lösungen dieser Aufgaben gefunden.

Wenn hiernach die Gemischbildung und Erhaltung bei Verwendung des Petroleums so viel Schwierigkeiten macht, so ist zu verstehen, daß man bemüht gewesen ist, Motoren zu konstruieren, bei denen beide Vorgänge überhaupt nicht vorhanden sind. In der Tat sind sehr befriedigende Lösungen dieser Art zu verzeichnen. Der bekannte Dieselmotor und seine Abarten sind aus diesen Bemühungen hervorgegangen. Bei ihnen wird kein Gemisch gebildet, das Petroleum verbrennt in demselben Augenblick, wo es in fein zerteilter flüssiger Form mit der hocherhitzten Luft in Berührung tritt.

Von den Eigenschaften des Petroleums als Motorbrennstoff sind uns nun noch seine Entzündbarkeit, das Verhalten seiner Gemische bei der Verdichtung und der Grad seiner Feuergefährlichkeit zur Besprechung übrig geblieben. Hinsichtlich der Entzündbarkeit ist zu sagen, daß es sich von allen Motorbrennstoffen bei der niedrigsten Temperatur entzündet. Bei den mit Glührohr ausgerüsteten Petroleummotoren erfolgt die Zündung des Gemisches auch dann noch sicher und rechtzeitig, wenn an dem Rohre ein Glühen nicht mehr bemerkbar ist. Beim Dieselmotor hat man sich diese leichte Entzündbarkeit zunutze gemacht und bewirkt die sichere Entzündung des eingeführten Petroleumstaubes durch die Wärme der für sich allein verdichteten Verbrennungsluft. Wohl zu beachten ist hierbei, daß das Petroleum in dem Augenblick eingeführt wird, wo die Kompression ihren Höhepunkt erreicht.

Eine Folge der leichten Entzündbarkeit des Petroleums ist die Eigenschaft, daß seine Gemische mit Luft nur einen geringen Verdichtungsgrad zulassen, weil hier die Entzündung durch die dichte Lagerung von warmen Luft- und warmen Petroleumteilchen noch begünstigt wird. Die so veranlaßte Verbrennung der Gemische ist dann eine sehr schnelle, explosionsartige, weil sie an allen Orten

gleichzeitig eintritt und nicht, wie sonst bei Motoren, von einem Punkt aus eingeleitet wird. Da schon 4 Atm. Verdichtung genügen, um die Selbstzündung herbeizuführen, so kann man sich bei den mit Gemischbildung arbeitenden Motoren nicht die großen Vorteile hoher Verdichtung der Ladung zunutze machen. Beim Dieselmotor kann man die hohe Verdichtung der Luft unbedenklich anwenden, die Verbrennung wird hier nie einen explosionsartigen Verlauf nehmen, weil ein Gemisch von Luft und Petroleum überhaupt nicht zur Verdichtung gelangt, sondern Beginn und Dauer der Verbrennung durch den Beginn und die Dauer der Petroleumstaubeinführung beherrscht wird.

Bezüglich der Feuergefährlichkeit des Petroleums ist wieder Gutes zu berichten; trotz seiner niedrigen Entzündungstemperatur ist das Petroleum unter allen Motorbrennstoffen der am wenigsten feuergefährliche. Ein auf die Oberfläche von Petroleum geworfenes, lebhaft brennendes Zündholz entzündet dieses nicht. Nach den in Deutschland erlassenen Bestimmungen dürfen nur solche Destillate als Petroleum in den Handel gebracht werden, welche erst bei 21° brennbare Dämpfe ausstoßen. Werden diese Dämpfe entzündet, so überträgt sich die Entzündung noch nicht auf das flüssige Petroleum, die Flamme der Dämpfe erlischt, ohne so viel Wärme auf den Flüssigkeitsspiegel zu übertragen, daß sich hier weitere Dämpfe bilden können, die die Flamme als solche unterhalten. Erst wenn die Flüssigkeit im ganzen über 30° erwärmt wurde, bildet sich eine beständige Flamme.

Die geringe Feuergefährlichkeit des Petroleums gegenüber den anderen Motorbrennstoffen ist als seine beste Eigenschaft zu bezeichnen. Zahllose Betriebe warten heute noch auf einen guten, billigen, betriebssicheren Petroleummotor, weil die Benutzung der anderen flüssigen Brennstoffe: Benzin, Benzol und Spiritus, zu große Gefahren mit sich bringt.

Von vornherein war das Petroleum nicht ein so wenig feuergefährlicher Stoff, zu Anfang ist seine Destillation nicht mit der Sorgfalt wie heute durchgeführt worden, es enthielt zu jener Zeit nicht unerhebliche Mengen leichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe in Lösung, die sich nach und nach verflüchtigten und in geschlossenen Räumen zur Ansammlung von explosiblen Gemischen führten. Hierzu kam noch, daß man früher das Petroleum allgemein in Holzfässern versandte, die nicht gasdicht sind. Namentlich die Schiffe, welche das Petroleum von Amerika herüberbrachten,

waren Explosionen ausgesetzt. Jedes dieser Schiffe hatte damals ein Windrad auf Deck, mit dem eine Luftpumpe betrieben wurde, die die im Schiffsraum angesammelten Gase heraustreiben sollte. Trotzdem kamen viele Unglücksfälle vor und waren anfangs der achtziger Jahre hohe Preise auf die Konstruktion wirksamer Einrichtungen zum Verhindern von Explosionen auf Petroleumschiffen ausgeschrieben. Eine der in Vorschlag gebrachten Einrichtungen, welche auch wohl ausgeführt worden ist, bestand darin, im Schiffsraum Behälter mit flüssiger Kohlensäure zu lagern, die von Deck aus geöffnet und mit denen die ganze Ladung ständig in gasförmige Kohlensäure, also in einen feuersicheren Mantel, eingehüllt werden konnte.[1])

Heute, wo die leichtflüchtigen Bestandteile des Rohpetroleums einen großen Markt gefunden haben und mehr kosten wie das Lampenpetroleum selbst, wird der sorgfältigen Trennung der leichtflüchtigen Bestandteile von den schwerflüchtigen viel größere Sorgfalt geschenkt; es sind polizeiliche Vorschriften über die Entzündbarkeit des Lampenpetroleums erlassen und kommen Explosionen, welche durch lagerndes Petroleum hervorgerufen werden, kaum mehr vor.

Das Benzol.

Der Brennwert des Benzols ist ebenso hoch wie der des Benzins, ca. 10300 WE, es kostet bis heute aber erheblich weniger wie dieses, zurzeit M. 22,— pro 100 kg.[2]) Bis Mitte der achtziger Jahre gewann man Benzol nur aus dem Gasteer, sein Verwendungsgebiet war hauptsächlich das der Anilinfarbenfabrikation. Zu jener Zeit war es so teuer, daß an eine Verwendung für Motoren gar nicht gedacht werden konnte. Als man dann aber in den neunziger Jahren anfing, das Benzol im großen Stil bei der Hochofenkoksbereitung zu gewinnen, überstieg die Erzeugung sehr bald die Nachfrage, der Preis sank bis auf M. 20,— pro 100 kg, und es kam darauf an, neue Absatzquellen aufzufinden. Als geeignetstes Verwendungsgebiet hat sich dann sehr bald der Motorenbetrieb aufgetan.

Als reines Destillationsprodukt verbrennt das Benzol, ebenso wie Benzin und Petroleum, vollkommen ohne Rückstände fester oder flüssiger Natur.

[1]) In ganz derselben Weise hält man heute größere Benzinmengen durch gasförmige Kohlensäure unter Luftabschluß.

[2]) Bezugsquelle für gereinigtes Handelsbenzol ist die Deutsche Benzol-Vereinigung, G. m. b. H. in Bochum.

Der Geruch des Stoffes selbst ist leider ziemlich stark, stärker wie Benzin und Lampenpetroleum. Seine Verbrennungsprodukte dagegen riechen nur wenig und nicht im entferntesten so wie die der mit Gemischbildung arbeitenden Petroleummotoren.

Die Gemischbildung und Erhaltung des Gemisches ist zwar nicht eine so leichte und bequeme wie die des Benzins. Immerhin gehen die Motoren mit Benzol aber noch bei kaltem Wetter ohne Anwärmung an und können Benzinmotoren ohne weiteres mit Benzol gespeist werden. Als Hauptvorzug des Benzols vor dem Benzin und Petroleum ist zu bezeichnen, daß es ganz erheblich höhere Verdichtungsgrade wie diese zuläßt, daß also der Betrieb mit Benzol bei heutigen Preisen erheblich billiger wie der mit Benzin ist, weil man sich die hohe Verdichtung zunutze machen kann.

Die Feuergefährlichkeit des Benzols ist nicht viel geringer wie die des Benzins, in dieser Beziehung steht es also hinter dem Petroleum zurück. Von unternehmenden Chemikern und Motorenfabrikanten wurde bald erkannt, daß man die Eigenschaften des Benzols verbessern könne, wenn man ihm seine Feuergefährlichkeit und seinen unangenehmen Geruch nehme ohne seine sonstigen guten Eigenschaften wesentlich zu ändern. Es war nur nötig, die sehr leichtflüchtigen und sehr schwerflüchtigen Bestandteile, für die es nicht an anderweitiger guter Verwertung fehlte, von dem Benzol zu trennen, dann mußte ein idealer Brennstoff übrig bleiben, billig, wenig riechend, wärmehaltig, in seinen Gemischen hoch verdichtbar und nicht feuergefährlich.

Es ist namentlich die chemische Fabrik »Rütgerswerke«, Aktiengesellschaft, mit dem Sitz in Berlin W 35, welche sich mit Lösung dieser Aufgabe beschäftigt hat. Sie bringt seit Jahren unter dem Namen »**Ergin**« einen Motorbrennstoff in den Handel, welcher große Verbreitung gefunden hat.

Ergin kostet heute M. 17,— pro 100 kg, hat einen Wärmewert von 10300 WE, steht hinsichtlich der leichten Gemischbildung und Erhaltung dem Benzin wenig nach, ist aber dem Petroleum in dieser Beziehung weit überlegen, ist mit unseren Zündmitteln gut entzündbar, verträgt hohe Verdichtung, ist ebensowenig feuergefährlich wie das Petroleum und genießt wie dieses der leichteren Polizeivorschriften für seine Lagerung. Durch Verwendung hoher Verdichtung wird der Verbrauch an Brennstoff erheblich geringer wie bei den Benzin- und Petroleummotoren. Da außerdem das Ergin dem Gewicht nach billiger wie Benzin ist, so kostet die Stunden-

pferdekraft eines mit Ergin betriebenen Motors nur 3 bis 5 Pf., während der Petroleumbetrieb 10 bis 12 Pf. kostet. Der Benzinbetrieb wird zurzeit noch teurer sein.

Das Benzol und auch das Ergin läßt sich mit Spiritus vermischen und werden solche Gemische vielfach für den Motorbetrieb benützt.

Der Spiritus.

Bei den aus dem Rohpetroleum und den Mineralkohlen gewonnenen Brennstoffen hatten wir es mit kohlenstoffreichen Körpern zu tun, welche, als charakteristisches Zeichen ihres Reichtums an Kohlenstoff, an der Luft mit stark rußender Flamme verbrennen. Der Spiritus gehört zu den kohlenstoffarmen Brennstoffen; an der Luft entzündet, verbrennt er mit nicht rußender, blauer Flamme. Seine chemische Zusammensetzung begründet auch, daß sein Wärmewert erheblich geringer wie der der bisher besprochenen Brennstoffe ist. Wir erinnern uns, daß Petroleum einen Brennwert bis 11000, Benzin und Benzol bis 10300 WE haben, während Motorspiritus nur 5500 bis 6000 WE besitzt. Dabei ist sein Preis meistens höher wie der des Petroleums und Benzols und außerdem noch sehr schwankend, er richtet sich ganz nach dem Ausfall der jedesmaligen Kartoffelernte.

Die rückstandslose Verbrennung, welche von den Motorbrennstoffen gefordert wird, besitzt der Spiritus in genügendem Maße. Spiritusmotoren hinterlassen selbst bei mäßiger Wartung keine festen oder flüssigen Rückstände.

Störend bemerkbar macht sich nur, daß Rostbildung eintritt, die die Zylinderwandung und Ventile stark angreift. Als wirksames Mittel zur Verhütung dieser Rostbildung speist man die Spiritusmotoren einige Minuten vor jedem Stillstand mit Benzin oder Benzol. Die Einrichtungen hierzu müssen so wie so vorhanden sein, da man die Spiritusmotoren mit diesen Stoffen in Gang bringt. Durch Verwendung dieser Brennstoffe vor der Außerbetriebsetzung des Motors werden alle Innenräume von den Resten des Spiritusbetriebes gründlich gereinigt.

Hinsichtlich der Geruchlosigkeit des Spiritus selbst und seiner Verbrennungsprodukte steht er an erster Stelle. Er wird sogar als geruchlosester Brennstoff für Automobile in einigen Großstädten vorgeschrieben.

Obgleich der Spiritus nur wenig schwerer flüchtig wie Benzin ist, so bedarf er doch zur Dampf- und Gemischbildung der Anwärmung; man benutzt hierzu die Auspuffgase. Der Motor wird meistens mit Benzin angelassen, bis das Auspuffrohr genügende Wärme zur Verdampfung des Spiritusstaubes und Erhaltung des Gemisches besitzt. Die Zuführung der Ladung erfolgt dann durch eine Ummantelung des Auspuffrohres oder umgekehrt durch den Kern des Rohres, während durch die Ummantelung die Auspuffgase abgeführt werden.

Die Entzündung des Spiritusluftgemisches erfolgt nicht bei so niedriger Temperatur wie die des Petroleums und Benzins, steht aber mit der des Leuchtgases auf gleicher Stufe. Meistens wird die Zündung elektrisch bewirkt, doch reicht auch das von einer Spiritusdampflampe erhitzte Glührohr aus. Die hervorragendste Eigenschaft des Spiritus ist die Zulässigkeit höchster Verdichtung, ja man kann sagen, daß seine Benutzung überhaupt nur durch diese Eigenschaft ermöglicht wird, denn an und für sich ist die im Spiritus steckende Wärme fast doppelt so teuer wie die im Benzin und Petroleum.

Die große Brennstoffersparnis, welche mit der hohen Verdichtung verbunden ist, — man geht bei den Spiritusmotoren bis 16 Atm. — ist aber so bedeutend, daß die Stundenpferdekraft annähernd mit demselben Gewicht an Spiritus wie an Benzin erzeugt werden kann.

Die Feuers- und Explosionsgefahr beim Betrieb mit Spiritus ist geringer wie beim Benzin und höher wie beim Petroleum. Ein auf die Oberfläche von Spiritus geworfenes brennendes Zündholz entzündet ihn sofort. Explosible Gemische bildet der Motorenspiritus mit der Luft bei gewöhnlicher Temperatur aber nicht. Für die Lagerung von Spiritus gelten nicht die strengen Vorschriften wie beim Benzin, sondern die leichteren wie für Petroleum.

90 % Spiritus löst sich in Benzol und Ergin leicht auf, und eignen sich diese Gemische zur Verstärkung der Kraftleistung von Spiritusmotoren. Im Gebrauch sind Gemische von gleichen Gewichtsteilen Spiritus und Ergin. Bei der Mischung ist zu beachten, daß das Ergin oder Benzol zum Spiritus zu gießen ist und nicht umgekehrt.

Dritter Abschnitt.

Die Entwicklung der Benzin- und Petroleummotoren.

Die ersten Spuren der Benzin- und Petroleummotoren tauchen gleichzeitig mit den ersten Gasmotoren auf. Schon in einem englischen Patent aus dem Jahre 1838, welches von einem William Barnett genommen wurde, war deutlich ausgesprochen, daß die hier beschriebene Gasmaschine auch mit leicht siedenden Kohlenwasserstoffen betrieben werden könnte. Trotzdem wohl als sicher angenommen werden kann, daß der Barnettsche Motor nicht betriebsfähig gewesen ist, sondern lediglich als »Patent« existiert hat, geht doch daraus hervor, daß man sich über die Verwendbarkeit der leichtsiedenden Kohlenwasserstoffe für den Betrieb von Motoren schon zu jener Zeit klar war.

Abgesehen davon, daß die im Jahre 1867 auf den Markt gebrachten sog. »atmosphärischen Gaskraftmaschinen« der Firma Otto & Langen, der nachmaligen Gasmotorenfabrik Deutz, mehrfach mit sog. »Gasolingas« betrieben wurden, welches man durch Fortsaugen von Luft über Benzin erzeugte, ist als erster direkt mit Benzin betriebener Motor der im Jahre 1873 von Julius Hock, Maschinenfabrikant in Wien, erfundene Motor zu bezeichnen. Diese Maschine wurde zu jener Zeit als »Petroleummotor« in den Handel gebracht und ist auch in Deutschland von der Maschinenfabrik »Humboldt« in Kalk bei Köln gebaut worden.

Mit dem Namen P e t r o l e u m m o t o r wurde aber mehr versprochen wie geleistet werden konnte, denn in Wirklichkeit wurde nicht das wenig feuergefährliche Lampenpetroleum, sondern das Benzin benutzt. Diese willkürliche Bezeichnung hatte zur Folge, daß bis etwa zu Ende der achtziger Jahre nun alle Fabrikanten von Benzinmotoren ihre Maschinen unter der Flagge »Petroleummotoren« fahren ließen.

Als dann später, anfangs der neunziger Jahre, die mit wirklichem Lampenpetroleum arbeitenden Motoren aufkamen, mußten die Fabrikanten ihren Ankündigungen hinzusetzen, daß ihre Motoren nun auch tatsächlich mit Petroleum zu betreiben wären. Allmählich kam diese Angelegenheit dann aber ins rechte Geleise, die Automobile traten immer mehr in den Vordergrund, hier war das Benzin der gegebene Brennstoff, und heute zögert niemand mehr, seinen mit Benzin gespeisten Motor auch B e n z i n m o t o r zu nennen.

Der Hocksche Petroleummotor.

Die in Fig. 1 dargestellte Maschine arbeitete nach Art der Lenoirschen Gasmaschine. Der Arbeitskolben saugt auch hier während eines Teiles seines Vorhubs Explosionsgemisch an; dieses wird entzündet und treibt nun den Kolben arbeitsverrichtend bis an den toten Punkt.

Das Explosionsgemisch bildet sich aus Luft und zerstäubtem Benzin, indem durch Düse *G* Luft und durch Düse *b* Benzin angesaugt wird. Luft- und Benzinstrahl treffen beide rechtwinklig aufeinander, das Benzin zerstäubt, und aus der Luft und dem verdunstenden Benzinstaub bildet sich das explosible Gemisch. Die Entzündung wird durch eine Gasolingasflamme bewirkt, welche sich jedesmal im Zündzeitpunkt von neuem bildet, indem ein Strahl dieses Gases an der dauernd brennenden Flamme vorbei gegen eine Klappe im Zylinderboden gerichtet wird. Die Klappe liegt infolge der Saugwirkung des Kolbens zu dieser Zeit nur lose auf und lüftet sich soweit, daß die Flamme mit dem Inhalt des Laderaumes in Berührung tritt. Zur periodischen Erzeugung des Gasolingasstrahles dient der Stößel *S*, ein Blasebalg und ein mit Gasolin gefüllter Behälter.

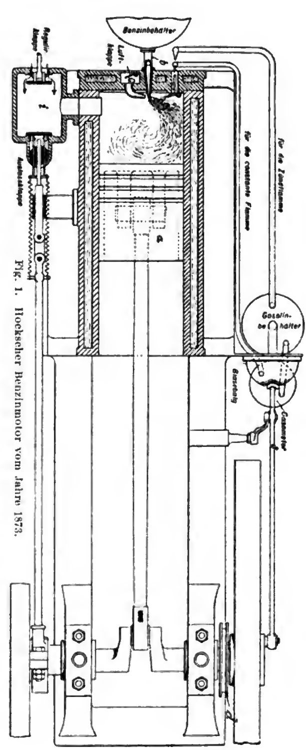


Fig. 1. Hockscher Benzinmotor vom Jahre 1873.

Beim Eintritt der Explosion schlagen die Lufteinlaß- und die Zündklappe selbsttätig zu. Ist der Arbeitshub beendigt, so öffnet sich vermittelst eines Exzenters die Auslaßklappe und entläßt die Verbrennungsprodukte ins Freie.

Die Geschwindigkeitsregulierung der Maschine erfolgt in der Weise, daß je nach Bedarf stärkeres oder schwächeres Gemisch gebildet wird. Je nachdem die Regulierklappe am Gehäuse *i* vom Regulator mehr oder weniger gelüftet wird, kommt sie als Einlaß für Beiluft in Wirksamkeit, der Luftgehalt der Ladung wird größer oder kleiner und dementsprechend ändert sich der Verbrennungsdruck.

Wenn der Hocksche Benzinmotor mit seiner Klappensteuerung, vom Standpunkt des Maschinenkonstrukteurs betrachtet, nicht viel mehr wie eine Versuchsmaschine genannt werden kann, so wohnte ihm doch ein hoher Grad der Originalität inne. Zum ersten Male sehen wir hier den offenen Zylinder mit direkter Übertragung der Kraft auf die Kurbel, wie er noch heute bei den modernen Gas-, Benzin- und Petroleummotoren für den Kleingewerbebetrieb üblich ist. Zu einer ausgedehnten Verwendung ist der Hocksche Motor natürlich nie gelangt.

Im Jahre 1876 sehen wir dann in Amerika einen neuen Petroleummotor auftauchen, der durch die Eigenart seines Arbeitsverfahrens großes Interesse erweckte: Es war dies der in Fig. 2 und 3 dargestellte

Braytonsche Benzinmotor.

Während die bis dahin gebauten Gasmotoren als gemischbildende Maschinen zu bezeichnen waren, bei denen die im Arbeitszylinder a n g e s a m m e l t e g e s a m t e Ladung durch den zündenden Funken zur Verbrennung gelangte und man dieser Verbrennung nun ihren Lauf lassen mußte, wie ihn die Natur des Brennstoffes bedingte, haben wir es hier mit einem ganz andern Arbeitsverfahren zu tun, bei dem der Verlauf der Verbrennung durch mechanische Mittel beherrscht wird.

In dem Braytonschen Motor werden Brennstoff und zugehörige Verbrennungsluft g e t r e n n t in den Arbeitszylinder gedrückt und bei ihrem Zusammentreffen sofort durch eine im Innern unter Druck brennende Flamme entzündet. Das Hinüberdrücken und Verbrennen von Brennstoff im Arbeitszylinder findet nur auf einem kleinen Teil des Kolbenweges statt, während des übrigen Hubteiles dehnen sich die Verbrennungsprodukte aus und wird die Arbeit erzeugt. Der Arbeitsgang des Braytonschen Motors gleicht also ganz dem der Dampfmaschine. Entsprechend dem Füllungsgrad der Dampfmaschine tritt hier die Dauer des Brennens auf. Zum Schluß des Hubes ist die Spannung der Verbrennungsprodukte in Arbeit umgesetzt und werden sie durch Auslaßventile ins Freie entlassen.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, liegt unter dem Arbeitszylinder eine Luftkompressionspumpe, welche einen Behälter mit Druckluft speist. Von hier aus tritt die Luft durch Einlaßventile in den Arbeitszylinder und hat auf ihrem Wege mit Asbest gefüllte Kammern zu durchströmen, welche nach dem Zylinder zu durch Wände aus durchlochtem Blech und Lagen von Drahtgaze abgeschlossen sind. Der poröse Stoff wird stets mit Benzin von einer kleinen Druckpumpe aus durchtränkt erhalten, so daß sich die durchtretende Luft mit Benzindämpfen sättigen und ein brennbares Gemisch bilden kann, welches sich dann an der unter Druck brennenden Flamme entzündet. Die Drahtgaze hat den Zweck, das Zurückschlagen der Flamme nach der Mischkammer zu verhindern.

Zur Bildung der dauernd brennenden Zündflamme führt von dem Druckluftbehälter ein enges Röhrchen nach jeder Gemischbildungskammer. Hierdurch wird nur ein kleiner engbegrenzter Teil des benzingetränkten Asbestes getroffen, und es entweicht der Kammer stetig ein kleiner Strom brennbaren Gemisches, der bei Ingangsetzung nach Entfernung eines Verschlußstöpsels entzündet werden kann. Zündflamme und Treibflamme haben also denselben Ursprung, und der Zündvorgang ist eigentlich nur ein Anschwellen der Zündflamme zur Heizflamme.

Da der Kolben nicht mit der äußeren kalten Luft in Berührung kommt, sondern immer von der Gemischflamme erwärmt wird, so macht sich eine Kühlung seines Innern nötig, die von den hohlen Kolbenstangen aus erfolgt.

Das Anlassen des Motors muß bald nach dem Anstecken der Zündflammen erfolgen, denn diese werden erlöschen, sobald ihre Verbrennungsprodukte im abgesperrten Zylinderraum dieselbe Spannung wie im Druckbehälter haben. Aus demselben Grunde durfte die Umdrehungsgeschwindigkeit auch nicht unter ein gewisses Maß sinken.

Der Benzinverbrauch des Motors soll nur $^1/_2$ l = $^1/_2 \times 0,7$ = 0,35 kg für die Stundenpferdekraft betragen haben. Alo derselbe Brennstoffverbrauch, wie ihn heute ein guter Benzinmotor aufweist. Daß man der Braytonschen Idee Wert beimaß, beweisen eine große Zahl späterer Patente auf ähnlicher Grundlage. Auch das Arbeitsverfahren des Dieselmotors hat Ähnlichkeit mit ihm.

Der Braytonsche Motor ist auch in stehender Bauart mit hängenden Zylindern ausgeführt worden und hat in dieser Art als Vorbild für den nach gleichen Prinzipien arbeitenden Simonschen

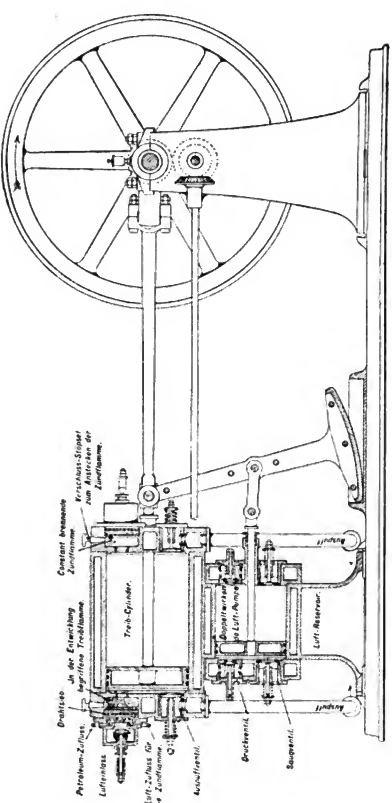


Fig. 2. Braytons Benzinmotor vom Jahre 1876 (Längsschnitt).

Gasmotor gedient, welcher eine zeitlang im Handel war. Auch dieser Maschine wurde ein geringer Gasverbrauch nachgerühmt: 0,5 bis 0,6 cbm für die Stundenpferdekraft bei kleinen Ausführungen von 4 bis 6 Pferdestärken.

Inzwischen war dann durch N. A. Otto der im Viertakt arbeitende »Kompressions-Gasmotor« erfunden, welcher bis auf den heutigen Tag die Grundlage für die Konstruktion der meisten Explosionsmotoren bildet. Das ganze Interesse der Gasmotorenkonstrukteure wandte sich nun dieser Maschine zu, und sehr bald sehen wir dann auch einen Benzinmotor auftauchen, dem die Arbeitsweise des Kompressionsmotors zugrunde gelegt war. Dieser erste wirklich brauchbare, direkt mit flüssigem Benzin betriebene Motor war der von Wittig & Hees, welcher Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre von der Hannoverschen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vorm. Georg Egestorff, gebaut worden ist.

Fig. 3. Braytons Benzinmotor vom Jahre 1876 (obere Ansicht).

Diese Maschine ist in den Fig. 4, 5 und 6 dargestellt; wie ersichtlich, haben wir es mit einem Zweitaktmotor zu tun. Von den beiden Zylindern bildet der eine die Gemischpumpe, der andere den Arbeitszylinder. Die zugehörigen Kolben werden durch gleichgerichtete Kurbeln bewegt. Beim Hochgehen der Kolben wird in dem rechten Zylinder Gemisch angesaugt,

während von dem linken — dem Arbeitszylinder — der Antrieb durch das entzündete Gemisch erfolgte. Zu Anfang des Niederganges der Kolben werden die Verbrennungsprodukte aus dem Arbeitszylinder ins Freie entlassen und gleichzeitig vom Gemischpumpenkolben neues Gemisch in den Arbeitszylinder gedrückt. Ein Verlust an Gemisch durch Mitentweichen aus dem Auslaßventil soll durch den großen Abstand des Auslaßkanals von der Eintrittsöffnung und durch Belastung des Übertrittsventils mit einer Feder verhindert

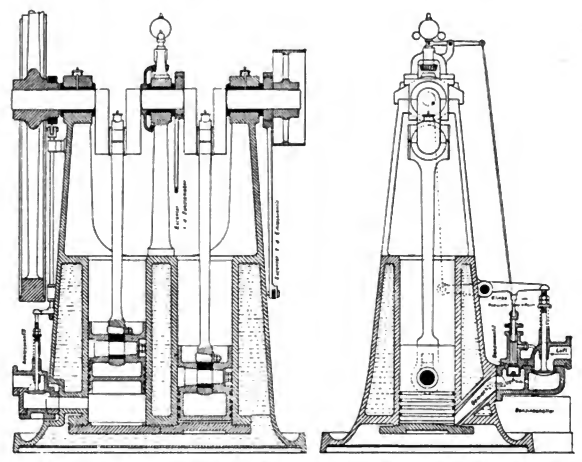


Fig. 4. Benzinmotor von Wittig & Hees. Fig. 5. Benzinmotor von Wittig & Hees.

werden. Nach dem halben Niedergange der Kolben wird das Auslaßventil geschlossen und zu den bereits etwas gemischhaltigen Verbrennungsrückständen der noch in der Gemischpumpe vorhandene Rest der neuen Ladung hinübergedrückt. Die Kompression wird also während der letzten Hubhälfte von beiden Kolben gleichzeitig vollzogen. Da der Gemischpumpenkolben bis auf den Boden herabgeht und nur im Arbeitszylinder Raum für die Ladung verbleibt, so findet sich im Totpunkt die gesamte Ladung im Arbeitszylinder angesammelt.

Die Gemischbildung erfolgte schon bei dieser Maschine ganz nach der Art der sog. »Vergaser«, wie sie heute bei den Automobilmotoren üblich sind. Aus Fig. 5 und 6 ist ersichtlich, welch außerordentlich einfache Einrichtungen hierzu verwendet wurden. In einem gemeinsamen Gehäuse liegen ein Luft- und ein Benzinventil nebeneinander, beide Ventile werden beim Ansaugen der Gemischpumpen durch die Steuerung geöffnet. Zwischen den Gehäusen der beiden Ventile ist eine Scheidewand mit engem Spalt angebracht, durch welche der angesaugte Luftstrahl auf den Benzinstrahl geleitet wird, um letzteren zu zerstäuben. Der Benzinbehälter, welcher ebenfalls auf Fig. 5 ersichtlich ist, ist ein flaches Gefäß, welches tiefer wie der Benzinaustritt im Motor liegt; damit wird erreicht,

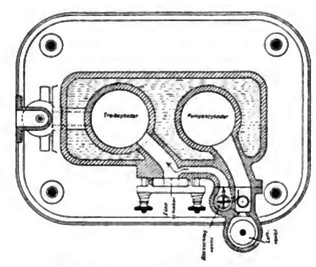


Fig. 6. Benzinmotor von Wittig & Hees.

daß ein unbeabsichtigtes Nachsickern aus dem etwa undichten Ventil nicht eintreten kann und die Saughöhe für das Benzin sich wenig ändert. Diese ungemein einfache Einrichtung hat sich dauernd gut bewährt.

Daß die Benzinmotoren bzw. die mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Verbrennungsmotoren für den Betrieb von Land- und Wasserfahrzeugen die größte Bedeutung haben mußten, darüber war man sich schon zu jener Zeit klar, und die Leitung der Hannoverschen-Maschinenbau-Aktiengesellschaft zögerte keinen Augenblick, diesen ersten Benzinmotor auch sofort in ein Eisenbahnfahrzeug einzubauen, welches dann für den Verkehr auf dem Fabrikhof in Benützung genommen wurde, um seine Brauchbarkeit in der Praxis zu erproben. Patentstreitigkeiten mit der Gasmotorenfabrik Deutz hinderten zu jener Zeit die Leitung der Hannoverschen

Maschinenfabrik ihren Benzinmotor weiter auszubilden, und unverwertet blieb diese aussichtsvolle Erfindung liegen.

Im Jahre 1883 trat dann der Ingenieur G. Daimler, welcher bis dahin als Direktor der Deutzer Gasmotorenfabrik tätig gewesen war und später die Daimlermotoren-Gesellschaft begründete, mit einem neuen Benzinmotor an die Öffentlichkeit, welcher mit vielen Neuerungen ausgerüstet war, die die Grundlage für den heutigen Automobilmotor gebildet haben.

Während man bis dahin selbst bei den kleinsten Motoren nicht über 200 Umdrehungen pro Minute hinausging, ließ Daimler seine neue Maschine bis 800 Touren und darüber machen. Als Bauart wählte er die stehende Anordnung mit unten liegender Kurbelwelle und geschlossenem Kurbelgehäuse, in dem alle bewegten Teile vor Staub und den Einflüssen der Witterung geschützt waren. Daimler war es auch, der die gemeinsame Schmierung des Kolbens, Kurbelzapfens und Kurbelachsenlagers durch ein in das Kurbelgehäuse gefülltes Ölquantum einführte. Ebenso verdanken wir ihm die »Anlaßkurbel« zur leichten Ingangsetzung der Motoren.

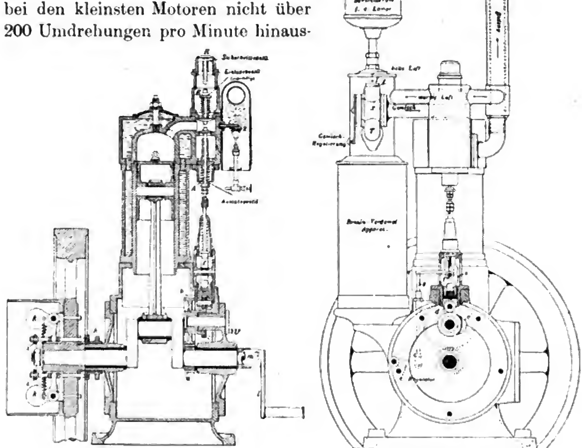


Fig. 7. Daimlers Benzinmotor. Fig. 8. Daimlers Benzinmotor.

Neben allen diesen Einrichtungen, welche noch heute im wesentlichen unverändert bei den neuesten Automobilmotoren benutzt werden, hatte Daimler seinen neuen Motor auch noch mit einer neuartigen Zündung versehen, welche zu jener Zeit für wertvoller wie alles andere angesehen wurde. Dies war die **Glührohrzündung**, die, wenn auch nicht mehr für Automobilmotoren, so doch für kleinere Gasmotoren noch heute mit Vorliebe benutzt wird.

Die Erhöhung der Umdrehungsgeschwindigkeit, diese heute so selbstverständlich erscheinende und kaum noch gewürdigte Maßnahme, bildet eigentlich das Hauptverdienst Daimlers um die Fahrzeugmotoren, denn damit war das geschaffen, wonach seit einem Jahrhundert gesucht worden war: ein Motor, groß an Kraft und klein an Gewicht.

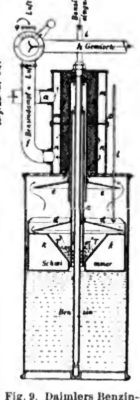


Fig. 9. Daimlers Benzin-Verdampfapparat.

In Fig. 7 bis 9 ist der Daimler Motor, wie er zu Ende der achtziger Jahre für ortsfeste Zwecke gebaut worden ist, abgebildet.

Für die Gemischbildung benutzte Daimler zu jener Zeit noch nicht die direkte Benzinzuführung, wie wir sie bei dem Hannoverschen Benzinmotor kennen gelernt haben, sondern noch eine Vorrichtung, ähnlich den Apparaten zur Erzeugung von Luftgas, bei dem Luft durch eine Benzinschicht getrieben wird und sich hierbei mit Benzindämpfen sättigt.

Daimler legte darauf Gewicht, daß die Benzinschicht, welche von der Luft durchstrichen wurde, immer dieselbe Höhe habe; ebenso erwärmte er die Luft, bevor sie in den Apparat trat, damit unabhängig von kalter und warmer Witterung, immer gleiche Benzindampfmengen von der Luft aufgenommen würden.

In Fig. 9 ist der Gaserzeugungsapparat, hier Karburator genannt, dargestellt. Auf dem Benzinvorrat schwimmt der Schwimmer k mit der kegelförmigen Durchbrechung T in der Mitte. In der Achse dieses Kegels ist das Lufteinströmungsrohr c befestigt und reicht bis zu bestimmter Tiefe in das Benzin hinein, wie aus der Figur ersichtlich. Da die Tauchtiefe des Schwimmers immer dieselbe bleibt, reicht auch das Luftrohr immer bis zu derselben Tiefe in das Benzin, und die Luft durchstreicht, wie beabsichtigt, stets eine

gleich hohe Benzinschicht. *d* und *e* sind Fangschirme, an denen etwa nicht verdampfte Benzinteilchen festhaften, sich ausbreiten und noch nachträglich zur Verdampfung gelangen. Die Drahtgazemäntel *m* und *n* sollen bei etwaigen Rückschlägen das Eindringen der Flamme in das Innere des Benzinraumes verhindern. Die Wand *o* trennt den oberen Aufsatz in 2 Kammern; vom Rohr *a* tritt die frische Luft durch die obere Kammer in den Apparat ein, und durch das mit der unteren Kammer verbundene Rohr *f* wird das fertige Benzindampf-Luftgemisch dem Motor zugeführt. Von *g* aus kann dem etwa zu benzinreichen Gemisch nach Bedarf Außenluft zugesetzt werden.

Aus den Fig. 7 und 8 ist ersichtlich, wie ähnlich die Bauart des heutigen Automobilmotors der ersten Konstruktion Daimlers noch ist. Als besonders charakteristisch ist noch hervorzuheben, daß an dieser Maschine auch zum erstenmale ein gemeinsames Gehäuse für Ein- und Auslaßventil zur Anwendung gelangte, in dem die Ventilkegel mit den Köpfen gegeneinandergekehrt angeordnet waren. Damit war der erhebliche Raum, welcher sonst auf die Ventilgehäuse und Kanäle entfiel, auf das geringste Maß beschränkt. Das Zündrohr war in dem Raume zwischen beiden Ventilköpfen angebracht, also dort, wo mit Sicherheit auf das Vorhandensein zündbaren Gemisches zu rechnen war.

Die Geschwindigkeitsregulierung erfolgte durch periodisches Offenhalten des Auslaßventiles und damit zusammenhängend das Ausfallen der Einnahme neuer Ladung.

Der in der Riemscheibe untergebrachte Zentrifugalregulator *k* (Fig. 8) stößt bei Überschreitung der normalen Geschwindigkeit mit der Stange *g* (Fig. 7) die Klinke *f* vor und stützt das Auslaßventil in gehobener Stellung ab. Zu den Zeiten, wo sich sonst das Auslaßventil öffnet, lüftet der Daumen *c* das Ventilgestänge noch etwas höher und bringt es außer Berührung mit der Klinke *f*. Während dieses Anlüftens wird dann der Regulator frei und läßt, falls die Geschwindigkeit wieder normal geworden ist, die Klinke *f* zurückfallen. Damit kommt das Auslaßventil von neuem in Tätigkeit, und neue Ladungseinnahme und neue Krafthübe erfolgen.

Diese Art der Regulierung, welcher wir später noch öfter begegnen werden, gehört nicht zu den Erfindungen Daimlers, sondern war schon mehrere Jahre vorher aus der Körtingschen Fabrik hervorgegangen.

Entwicklung der Petroleummotoren.

Die schwer siedenden, aber noch leicht flüssigen Destillate des Erdöles, welche zwischen dem Schwerbenzin von 0,72 spezif. Gewicht und den Mineral-Schmierölen liegen, sowie die gleichen Destillate der Stein- und Braunkohlen bedürfen für ihre Verdampfung bezw. Gemischbildung einer besonderen Erwärmung. In der unter allen Verhältnissen richtigen Zufuhr und Erhaltung dieser Wärme liegt die Schwierigkeit, welche der Konstruktion eines brauchbaren Petroleummotors entgegensteht und bis heute noch nicht überwunden ist. Die schwersiedenden Kohlenwasserstoffe sind aber die billigsten und zugleich wärmereichsten Brennstoffe, die wir besitzen und haben außerdem noch den Vorzug sehr geringer Feuergefährlichkeit. Die Motorenkonstrukteure dürfen also nicht ruhen, bis sie **einfache, betriebssichere und billige** Petroleummotoren erfunden haben.

Am nächsten kommt der Lösung dieses Problems der Dieselmotor, bei dem der flüssige Brennstoff in fein zerteilter Form in die durch hohe Kompression auf Zündwärme erhitzte Luft eingespritzt und sofort verbrannt wird.

Auch die Motoren von Haselwander & Trinkler arbeiten in ähnlicher Weise. Für viele Verwendungszwecke, z. B. im Kleingewerbe, für die Haus- und Landwirtschaft, für Automobil- und kleine Bootsmotoren eignen sich aber diese mit Kompressionen von 30 und mehr Atmosphären arbeitenden Motoren nicht. Alle anderen »Petroleummotoren«, welche nach Art der einfachen Benzinmotoren mit Gemischbildung und niedrigen Verdichtungsgraden arbeiten, kranken an unvollkommener Vergasung, unvollkommener Verbrennung und sehr unangenehmem Geruch der Auspuffgase. Auch bedürfen die meisten dieser Motoren zu ihrer Ingangsetzung der Anwärmung durch Heizlampen oder des anfänglichen Betriebes mit Benzin. Durch diese Maßnahmen wird aber der Vorzug der geringen Feuergefährlichkeit des Brennstoffes wieder aufgehoben, und es fehlt nicht an Beispielen, daß grade durch die Heizlampen und das zum Ingangbringen der Motoren verwendete Benzin Brände entstanden sind. Besonders fühlbar macht sich bei diesen Motoren auch die geringe Wirtschaftlichkeit als Folge der geringen Verdichtung, welche man den Petroleumdampf-Luftgemischen zumuten darf. Wie aus dem zweiten Abschnitt: »Die flüssigen Brennstoffe in ihrer Eigenschaft als Krafterzeugungsmittel« erinnerlich

sein wird, dürfen wir diese Gemische nicht höher wie $3^1/_2$ bis 4 Atm. verdichten, da sonst vorzeitige Entzündung der Ladung durch die Kompressionswärme zu erwarten ist.

Es sind also eine ganze Reihe ungünstiger Eigenschaften des Petroleums, die sich der Anwendung des sonst gebräuchlichen Arbeitsverfahrens einfacher Verbrennungsmotoren entgegenstellen. Dennoch muß dahin gestrebt werden, das Petroleum im einfachen Viertakt mit Kompressionen von 8 bis 10 Atm. verwenden zu können, wie es heute bei den Leuchtgasmotoren üblich ist. Mit solchen Motoren würde man wahrscheinlich dieselbe Brennstoffverminderung erreichen, wie sie der Dieselmotor aufweist. Während bei $3^1/_2$ Atm. Verdichtung jetzt unter günstigen Verhältnissen 350 bis 400 g Petroleum für die Stundenpferdekraft nötig sind, würde mit 8 bis 10 Atm. dieselbe Leistung schon mit 200 bis 250 g zu erreichen sein, und auch der Geruch der Abpuffgase würde sich wahrscheinlich sehr vermindern.

Zu den ersten brauchbaren, mit Gemischbildung arbeitenden Petroleummotoren, welche sich in der Praxis bewährten, gehört der Kjelsbergsche Petroleummotor, welcher im Jahre 1889 von der Lokomotivfabrik Winterthur in den Handel gebracht wurde.

Kjelsbergs Petroleummotor vom Jahre 1889.

Die Maschine arbeitete mit einem durch das Einlaßventil vom Verbrennungsraum getrennten Heizraum — dem Vergaser oder Verdampfer —, zu dessen Beheizung die Zündrohrflamme mit benützt wird. Die Geschwindigkeitsregulierung wurde nach Art der schon erwähnten Körtingschen Aussetzer-Regulierung durch periodisches Offenhalten des Auslaßventiles und gleichzeitiges Zuhalten des Einlaßventiles bewirkt.

Wie aus den Fig. 10 und 11 ersichtlich ist, sind die Ventile, die gesamte Steuerung und die Reguliervorrichtung auf der Stirnseite des Maschinengestelles angebracht. Links liegt das Auslaßventil, rechts das gesteuerte Einlaßventil. An den Einlaßstutzen des letzteren schließt sich unmittelbar der Vergaser an, derselbe ist aus einem vertikalen, ummantelten Rohr gebildet, durch den Mantelraum streichen die Abgase der Heizflamme für das Zündrohr und geben den Wandungen des inneren Rohres die nötige Verdampftemperatur. Am Oberteil des Vergaserrohres ist eine Vorrichtung zum Zerstäuben des Petroleums angebracht, durch die gleichzeitig auch die Verbrennungsluft eintritt. Der Petroleum-

staub wird gegen die heißen Wandungen geworfen, verdampft hier und bildet mit der Luft sofort die zündbare Ladung.

Das Einlaßventil und der Petroleumabschlußschieber werden gemeinsam durch denselben Daumen, die Klinke *s* und Stange *p* bewegt. Vor dem Zerstäuber liegt noch ein selbsttätiges Lufteinlaßventil; es hat den Zweck, etwa im Vergaser zurückbleibenden Petroleumdampf vom Eintritt in das Motorenlokal zurückzuhalten.

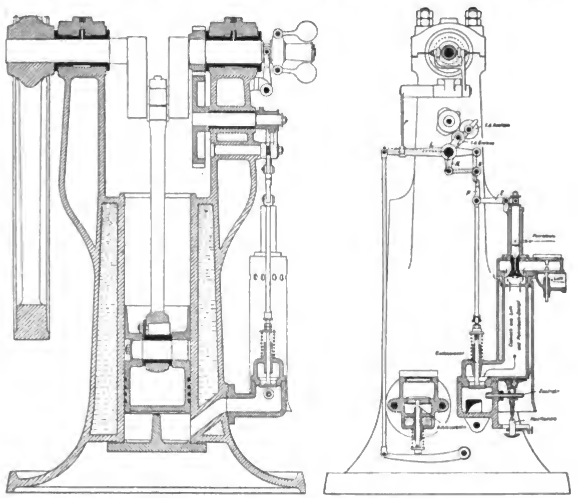


Fig. 10. Kjelsbergs Petroleummotor. Fig. 11. Kjelsbergs Petroleummotor.

Der Zentrifugalregulator schiebt bei Überschreitung der normalen Geschwindigkeit den Hakenhebel *r* unter den Auslaßhebel *L* und hält ihn und das Auslaßventil in gehobener Stellung fest. Hebel *L* bildet mit *K* einen Winkelhebel, welcher bei jedem Hub des Auslaßventiles die Stoßstange *S* nach links, außer Bereich der Einlaßventilstange *p* bringt. Wird aber der Hebel *L* in seiner gehobenen Stellung durch Hebel *r* festgehalten, so bleibt das Einlaßventil und die Petroleumöffnung geschlossen, und die Ladungseinnahme fällt fort, bis der Regulator den Hebel *L* wieder frei gibt.

Kapitaines Petroleummotor.

Zu den ersten Motoren, bei denen Verdampfeinrichtung und Zündrohr in einem Organ vereinigt waren, gehört der Kapitainesche Petroleummotor, welcher noch heute in fast unveränderter Form von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vorm. Ph. Swidersky in Leipzig-Plagwitz, gebaut wird. Diese Maschine ist in Fig. 12 bis 15 dargestellt. Fig. 14 zeigt das sog. Vergaserzündrohr. Es wird von

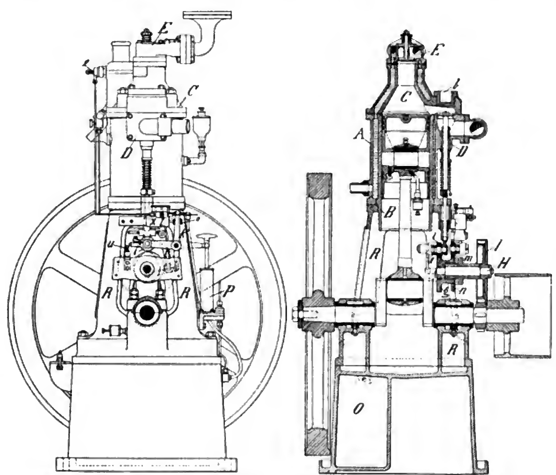


Fig. 12. Kapitaines Petroleummotor. Fig. 13. Kapitaines Petroleummotor.

dem verhältnismäßig kleinen konischen Rohr F gebildet. G ist die Petroleumheizlampe, welche das Vergaserzündrohr erhitzt, die Rippen c, mit welchen die Wandungen ausgerüstet sind, haben den Zweck, die wärmeaufnehmende Fläche zu vergrößern und die Wandungen zu verstärken.

Schon vor Beginn des Saughubes ist das zur Ladung gehörende Petroleumquantum von der Pumpe x in der Höhlung vor dem Ventil e abgelagert. Beginnt nun die Saugperiode, so drückt die durch Kanal e' nachtretende Luft das Ventil e auf und reißt das in

der Höhlung angesammelte Petroleum in Staubform mit sich durch den Vergaserraum hindurch. In Berührung mit den heißen Vergaserwandungen verdampft das Petroleum und tritt als stark brennstoffhaltiges, nur mit der Zerstäuberluft beladenes Gemisch durch die Öffnung *f* Fig. 14 zu der von *E* her angesaugten eigentlichen Verbrennungsluft. Aus Form und Lage des Vergasers wird erklärlich, daß derselbe auch als Zündort wirken muß.

Die Steuerung ist an diesem Motor eine unnötig verwickelte, wenig übersichtliche und wird an den neueren Maschinen der Firma

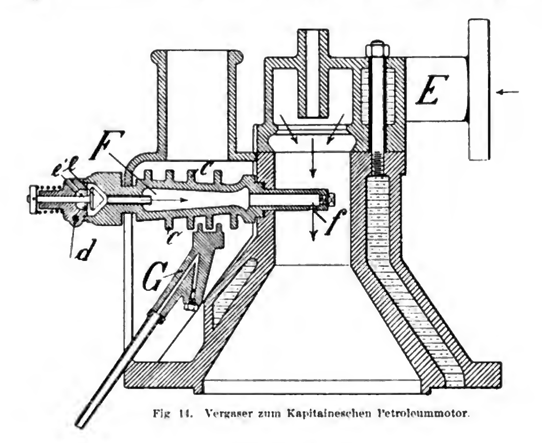


Fig 14. Vergaser zum Kapitaineschen Petroleummotor.

erheblich einfacher ausgeführt. *g* (Fig. 13) ist die Auslaßdaumenscheibe, auf ihr läuft die Rolle *i*, welche mit der rechten Seite ihres Bolzens die Auslaßventilstange erfaßt und auf der anderen Seite vom Hebel *e* gelenkt wird. Der Daumen *n* betätigt die im Gehäuse *x* eingeschlossene Petroleumpumpe, indem er die Rolle *m* und mit ihr den Winkelhebel *kk'* (Fig. 12 und 15) anhebt. Hebel *k'* geht durch eine Schleife des Pumpenkolbens *o* und holt diesen zurück, wenn er durch *n* angehoben wird. Derselbe Daumen *n* trifft bei weiterer Drehung auch den zweiarmigen Hebel *l* und bewegt mit diesem den Verteilungsschieber der Petroleumpumpe.

Die Geschwindigkeitsregulierung erfolgt nach der schon beim Kjelsbergschen Petroleummotor erwähnten Art. Das Auslaßventil wird periodisch in geöffneter Stellung abgestützt und Luftansaugung und Petroleumzufuhr ruhen, bis sich eine neue Kraftentwicklung als nötig erweist. Das im großen Steuerrad liegende Schwunggewicht *K* (Fig. 15) nimmt bei Überschreitung der normalen Geschwindigkeit vermöge der Zentrifugalkraft eine mehr dem Umfang zu belegene Stellung ein. Es streift dann mit dem Vorsprung *r* die Rolle *s* des Winkelhebels *s'* und erteilt diesem eine Bewegung, welche auf den Hebel *t* übertragen wird. Auf dem Hebel *t* ist die Stütze *u* befestigt, welche sich bei ausschwingendem Gewicht *K* unter den Auslaßhebel (*e*) legt und Auslaßventil und Petroleumpumpe außer Tätigkeit setzt. Auch in der abgestützten Stellung wird das Auslaßventil während der Auslaßperiode durch den Daumen *g* um ein weniges höher gehoben, so daß der Abstützhebel für kurze Zeit entlastet ist und zurückschwingen kann, falls das Schwunggewicht infolge verminderter Umdrehungsgeschwindigkeit in seine innere Stellung zurückkehrt. Auslaßventil und Petroleumpumpen können wieder in Tätigkeit treten, und die Ladungen nehmen ihren regelmäßigen Verlauf.

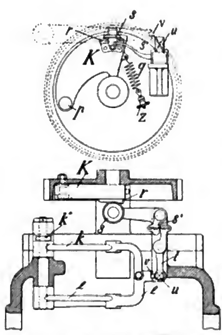


Fig. 15. Regulierung des Kapitaineschen Petroleummotors.

Soll dem Motor stets das gleiche Petroleumquantum zugeführt werden und namentlich auch die Heizlampe immer gleichmäßig brennen, so ist es nötig, daß das Petroleum diesen Verbrauchsorten immer unter gleichem Druck zufließt. Von einem Hochlegen des Petroleumbehälters ist abgesehen, ein Teil des Hohlraumes im Motorensockel dient als Vorratsbehälter, der Raum über dem Petroleum wird durch eine kleine, vom Motor aus betriebene Luftpumpe *P* unter gleichmäßigem Druck gehalten. Die Pumpe kann vom Bewegungshebel abgekuppelt werden, um beim Stillstand des Motors zwecks Inbetriebsetzung der Heizlampe den nötigen Druck von Hand zu erzeugen.

Petroleummotor System Akroyd-Hornsby.

Ein weiteres grundlegendes Petroleummotorensystem ist das des Engländers Akroyd vom Jahre 1890 gewesen, welches noch heute viel verwendet wird. Bei diesem System tritt die Gemischbildung nicht während des Ansaugens, sondern während des Kompressionshubes ein, und zwar in der Weise, daß das Petroleum vorläufig getrennt von der Verbrennungsluft in einen erhitzten Raum gespritzt wird, der mit den Verbrennungsgasen des voraufgegangenen Arbeitshubes erfüllt ist. Hier bildet sich während der Ansaugperiode also ein unentzündbares Gemisch aus Petroleumdampf und Verbrennungsprodukten, während die Verbrennungsluft für sich allein in den Arbeitszylinder eingesaugt wird.

Der zuerst erwähnte Raum steht mit dem Arbeitszylinder nur durch einen verhältnismäßig engen Kanal in Verbindung, so daß von seinem Inhalt während der Saugperiode nur wenig in den Arbeitszylinder gelangen kann. Erst bei der folgenden Kompressionsperiode dringt die Luft zu den Petroleumdämpfen, und nun erfolgt die eigentliche Gemischbildung, so daß bei Abschluß der Kompression, wenn alle Luft in den Verdampfraum eingedrungen ist, dort entzündbares Gemisch entsteht und sich selbsttätig und rechtzeitig an den hoch erhitzten Wandungen des Petroleumdampfraumes entzündet.

Bei den andern bisher beschriebenen Systemen trat die Gemischbildung während des Saughubes ein, und die Petroleumdämpfe gelangten mit den gekühlten Zylinderwandungen in Berührung. Hierin begründete sich ein Übelstand dieser Maschine. Die Petroleumdämpfe erhalten sich, wie erinnerlich, nur dann bei niedrigen Temperaturen in Form von zündbarem »Nebel«, wenn sie nicht mit festen, kühlen Körpern in Berührung kommen. Im Motor müssen aber die Zylinderwandungen mit Rücksicht auf gute Leistung und Erhaltung des Schmierzustandes so kühl wie möglich sein. Alle Petroleumdämpfe, welche gegen die Zylinderwandungen treffen, bleiben hier also in flüssiger Form haften, werden dem Gemische entzogen und nehmen nicht an der Verbrennung teil, das flüssige Petroleum löst sich zum Teil in der Schmierölschicht auf, zum andern Teil kommt es in der folgenden Arbeitsperiode durch die hohe Temperatur der Verbrennungsgase wieder zur Verdampfung, kann nun aber nicht mehr verbrennen, da es keine Luft im Zylinder vorfindet. Unbenutzt wird dieser Teil des Petroleums

also mit den Auspuffgasen entweichen. Die innere Fläche der Zylinderwandungen nimmt nach jeder Verbrennung periodisch eine höhere Temperatur an, denn die Kühlwirkung des Wassers ist nicht eine unmittelbare. Ein Teil des im Schmieröl gelösten Petroleums wird also auch zur Wiederverdampfung gelangen, wenn

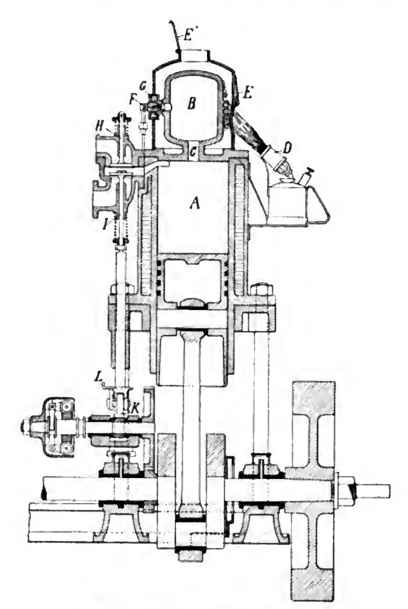


Fig. 16. Petroleummotor System Akroyd.

der Kolben die Verbrennungsprodukte ausschiebt und die Zylinderwandungen hinter sich freilegt. Das dann verdampfende Petroleum tritt in den Motorenraum und kann hier die Luft so verschlechtern, daß dem Wärter der dauernde Aufenthalt bei dem Motor unmöglich wird.

In Fig. 16 und 17 ist ein Motor System »Akroyd« dargestellt, wie er heute von der Aktieselskabet Frederikshavns Jernstoberi & Maskinfabrik gebaut wird. *A* ist der Arbeitszylinder, *H* das Lufteinlaßventil, *I* das Auslaßventil, *B* die »Glühhaube« bzw. der Petroleumdampf- und Verbrennungsraum. Das Petroleum wird durch die kleine Petroleumpumpe (Fig. 17) und die Rohrleitung *F* während des Saughubes in die Glühhaube gespritzt. Der Eintrittsstutzen *G* hat eine besondere Wasserkühlung erhalten, damit in den Zeiten des Verdichtungs-, Arbeits- und Auspuffhubes sich die hohe Temperatur der Glühhaube nicht auf das im Rohr stehende Petroleum überträgt und es zur ungeeigneten Zeit zum Nachdampfen veranlaßt. Die Regulierung erfolgt in sehr einfacher Weise durch Ändern der eingespritzten Petroleummenge. Läuft der Motor zu schnell, so öffnet der Regulator einen »Beipaß«, durch welchen ein Teil des von der Pumpe (Fig. 17) geförderten Öles in den Petroleumbehälter zurückläuft. Die Glühhaube ist mit einer Schutzkappe umgeben. Die Öffnung *E* dient für Einführung der Heizflamme, die Öffnung *E* zum Abzug der Heizgase. Beide Öffnungen sind mit Klappen versehen, die geschlossen werden müssen, wenn der Motor längere Zeit mit geringer Kraft arbeitet oder auf kurze Zeit stillgesetzt wird.

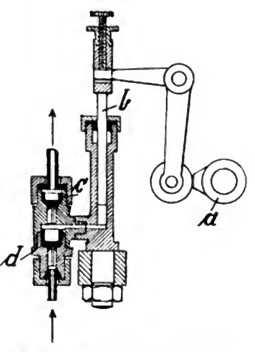


Fig. 17. Petroleumpumpe zum Motor System Akroyd.

Akroyds Patent bezog sich hauptsächlich auf den Kanal zwischen Arbeitszylinder und Glühhaube und die Klappen zur Regulierung der Haubentemperatur. Das Patent wurde am 7. Dezember 1890 genommen, ist hier also nicht mehr gültig.

Die Maschine ist zuerst von Hornsby & Sons in England gebaut und hat namentlich in Schweden und Norwegen, Dänemark und Rußland große Verbreitung gefunden. Man baut sie hier auch als Zweitakt und mit Wassereinspritzung. Durch letztere Vornahme werden höhere Verdichtungsgrade möglich und der Betrieb ein wirtschaftlicherer.

Als Schattenseiten des Systemes Akroyd sind anzuführen, daß der Motor nur dann gut arbeitet, wenn die Glühhaube weder zu kalt noch zu warm ist. Die Flächenausdehnung der Haube und ihre Ventilation müssen so bemessen sein, daß die höchst zulässige Temperatur bei andauerndem Vollgang nicht überschritten wird und anderseits bis zu einer möglichst weiten Erniedrigung der Kraftäußerung die Zündtemperatur dennoch erhalten bleibt.

Langen Leerlauf oder größere Betriebspausen können die Akroydmotoren nicht vertragen. In beiden Fällen muß mit der Lampe nachgeheizt werden, um den Betrieb aufrecht zu halten.

Zu hohe Temperatur der Glühhauben wirkt bei diesem Motor ebenso wie bei allen anderen Petroleummotoren sehr ungünstig auf die Kraftäußerung, weil dann Fettgasbildung eintritt und der Zündzeitpunkt verlegt wird. Die Kraftäußerung kann sich in solchen Fällen um 40% vermindern. So fühlbar diese Mängel auch sind, einen großen Vorzug hat das Akroydsystem doch, nämlich den der großen Einfachheit und Betriebssicherheit. Für solche Verwendungszwecke, wo der Motor ständig mit annähernder Volllast beansprucht wird, wie dies auf kleinen Seefischereifahrzeugen und in kleinen Getreidemühlen der Fall ist, kann man sich auf ihn verlassen. In Schweden und Dänemark sind tausende von Fischerfahrzeugen mit diesem Motor ausgerüstet. In Rußland wird der Motor namentlich für den Betrieb kleiner Mühlen benutzt, als Brennstoff kommt hier das sehr billige Rohpetroleum zur Verwendung.

Der Dieselmotor.

Das vornehmste und wichtigste Petroleummotorensystem der Jetztzeit ist der Dieselmotor.

Während bei den bisher besprochenen Maschinensystemen die Ladung im Zündzeitpunkt fertiggebildet im Arbeitszylinder angesammelt bereitliegt, und der Verbrennung selbst freier Lauf gelassen wird, findet beim Dieselmotor überhaupt keine Bildung und Ansammlung von Ladungsgemisch im Arbeitszylinder statt, sondern die Verbrennungsluft wird für sich allein im Arbeitszylinder angesaugt und in ganzer Menge durch starke Verdichtung bis auf Zündtemperatur gebracht. Erst im Totpunkt, wenn die Verdichtung ihren Höhepunkt erreicht hat, wird der Brennstoff in fein zerstäubter Form und unter noch höherem Druck, wie ihn die Luft im Arbeitszylinder bereits besitzt, in diesen eingespritzt. Die



Fig. 18.
Erster Versuchsmotor vom Jahre 1894, gebaut von der Maschinenfabrik »Augsburg«.

Dauer der Einspritzung und die Menge des Brennstoffes richtet sich nach dem Kraftbedarf und dementsprechend dauert die Verbrennung längere oder kürzere Zeit. Die einzelnen Brennstoffteilchen

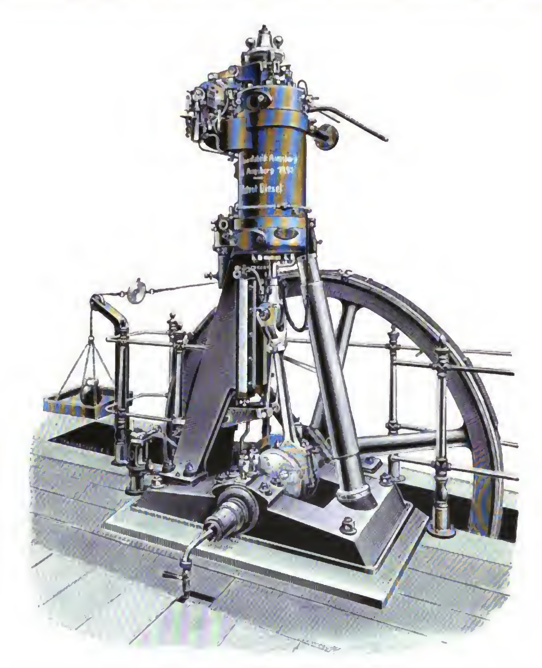


Fig. 19.
Diesels zweiter Versuchsmotor vom Jahre 1897, gebaut von der Maschinenfabrik »Augsburg«.

verbrennen in demselben Moment, wo sie die Luft finden, die sie hierzu nötig haben. Während man bei den anderen Systemen von einer **zwanglosen** Verbrennung sprechen kann, tritt beim Dieselmotor beherrschte **»zwangsläufige«** Verbrennung ein.

Der Verwendung des Systems Diesel haben sich anfangs in der Praxis Schwierigkeiten entgegengestellt. Den unablässigen Bemühungen der Maschinenfabrik Augsburg ist es aber gelungen, alle Hindernisse zu überwinden, und heute zählt der Dieselmotor, soweit größere Kräfte in Betracht kommen, nicht nur zu den betriebssicheren Motoren, sondern auch zu denjenigen, welche den wirtschaftlichsten und bequemsten Betrieb aufweisen.

In den Fig. 18 und 19 ist der Dieselmotor in seinen Entwicklungsstadien dargestellt, Fig. 18 zeigt den ersten Versuchsmotor, wie er im Jahre 1894 von der Maschinenfabrik Augsburg gebaut worden ist. Wie ersichtlich, besaß der Arbeitszylinder hier keine Wasserkühlung.

Fig. 19 zeigt die Form, welche die Maschine dann im Jahre 1897 angenommen hatte, die sich der heute üblichen Konstruktion schon mehr nähert. Schnittzeichnungen dieser ersten Motoren waren nicht zu erlangen, dagegen werden ausführliche Konstruktionszeichnungen der neuesten Dieselmotoren im Abschnitt »Zeitgemäße ortsfeste Petroleummotoren« zum Abdruck gelangen.

Vierter Abschnitt.

Die Arbeitsverfahren der neueren Petroleum- und Benzinmotoren, ihre Bauarten und Konstruktionsteile.

a) Arbeitsverfahren der Petroleum- und Benzinmotoren.

Die Zahl der Arbeitsverfahren und Ausführungsarten, welche für Verbrennungsmotoren denkbar sind, ist, man kann wohl sagen unbegrenzt. Wer die Patentlisten studiert, wird finden, daß sich fast die Hälfte aller Motorenpatente auf neue Arbeitsverfahren beziehen. Vergleicht man damit die Zahl der in der Praxis benutzten und bewährten Verfahren, so ist diese eine verschwindend kleine.

Es gibt wohl kaum einen Zweig des Maschinenbaues, bei dem die theoretisch richtigsten und vielversprechendsten Überlegungen in der Ausführung auf soviel Schwierigkeiten stoßen und sich im Gebrauch so wenig bewähren, wie der Bau der Verbrennungsmotoren. So ist es denn zu verstehen, daß für alle Motoren, mögen sie nun mit gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen betrieben

werden, immer noch der einfach wirkende Viertakt, wie er bei den ersten »Kompressionsgasmotoren« von Otto benutzt wurde, das herrschende Arbeitsverfahren ist.

Das mit Viertakt bezeichnete Arbeitsverfahren besteht darin, daß von demselben Kolben und in demselben Zylinder das Ansaugen und Verdichten der Ladung, sowie die Arbeitsverrichtung und das Austreiben der verbrannten Gase vollzogen wird. Ohne Frage wäre es nun vom rein theoretischen Standpunkt richtiger, die starken Drucke bei der Arbeitsverrichtung und Verdichtung durch starke Organe und die leichte Arbeit des Ansaugens und Austreibens durch andere leichte Konstruktionsteile bewirken zu lassen, dafür aber die Zahl der Beanspruchungen der Organe zu verdoppeln, so daß nicht mehr 4 sondern nur 2 Einzelhübe für jedes Arbeitsspiel nötig wären. Dieser Gedankengang taucht immer wieder auf und läßt sich bis auf die ältesten Gasmotoren zurückverfolgen; ihm entsprechen der einfache und doppeltwirkende Zweitakt. Nach allen Überlegungen sollte nun der Zweitaktmotor bei gleichen Abmessungen des Arbeitszylinders und derselben Umdrehungszahl die doppelte Kraft wie der Viertakt haben. Die Erfahrung lehrte aber, daß der erhoffte Arbeitsgewinn für kleinere Motoren bis etwa 150 Pferdestärken nicht im entferntesten eintraf, daß der Brennstoffverbrauch ein viel ungünstigerer wie der des Viertaktes war und namentlich, daß die Betriebssicherheit dieser Maschinen eine geringere wie die beim Viertakt sei. Der Zweitakt für kleinere Kräfte mit gesonderter »Gemischpumpe«, wie er durch den im Abschnitt 3 beschriebenen Motor von Wittig & Hees verkörpert wird, hat sich, so oft er auch aufgetaucht ist, nie dauernd auf dem Markt erhalten.

Günstiger gestalteten sich die Verhältnisse für solche Zweitaktmotoren, bei denen der vordere Zylinderraum als Ladepumpe benutzt wird. Diese Maschinen weisen gerade für kleine Kräfte bessere Resultate auf. Es läßt sich ein Arbeitsgewinn von 50 bis 60% mit den gleichen Zylinderabmessungen wie beim Viertakt erreichen, die Konstruktion kann verhältnismäßig einfach gehalten werden, und auch der Brennstoffverbrauch kann neben dem des Viertaktes bestehen. Nur über die Frage, ob sie hinsichtlich der Gebrauchsdauer mit dem Viertakt konkurrieren können, ist man sich noch nicht im Klaren. Als Typ dieser sog. ventillosen Zweitaktmotoren kann der später beschriebene »Söhnleinmotor« gelten, welcher von der Motorengesellschaft »Solos« in Wiesbaden gebaut wird.

b) Die Bauarten der Petroleum- und Benzinmotoren.

Für die Bauart eines Motors ist die Lage des Arbeitszylinders maßgebend. Je nachdem der Zylinder wagerecht, senkrecht oder schrägliegend angeordnet ist, sprechen wir von liegender, stehender oder schräger Bauart.

Die liegende Bauart ermöglicht eine leicht zugängliche, übersichtliche und bequem zu bedienende Anordnung der einzelnen Teile. Sie sollte überall dort angewandt werden, wo es auf die Benutzung des Motors beim ortsfesten Gewerbebetrieb ankommt und die größte Betriebssicherheit und längste Gebrauchsdauer notwendig ist. Als Schattenseite der liegenden Bauart ist anzuführen, daß sie großen Flächenraum beansprucht.

Da flüssige Brennstoffe im Gewerbebetrieb zurzeit nicht viel benutzt werden, so finden wir die liegende Bauart verhältnismäßig selten.

Das eigentliche Feld der Benzin- und Petroleummotoren ist heute dort zu suchen, wo es sich um den Verkehr handelt, bei den Land- und Wasserfahrzeugen und fahrbaren Kraftmaschinen. Hier kommt es in erster Linie darauf an, daß der Motor wenig Platz beanspruche, daß er ein möglichst geringes Gewicht habe, daß seine bewegten Teile den Einflüssen des Staubes entzogen seien und daß er die geringsten Anforderungen an die Wartung stelle. Diesen Forderungen kann man am leichtesten mit der stehenden und schrägen Bauart gerecht werden.

Die Kurbelachse kann bei stehend gebauten Motoren über oder unter dem Zylinder liegen, mit Rücksicht auf die Stabilität und den bequemen Antrieb liegt sie bei den Fahrzeugmotoren aber immer unten. Die obenliegende Achse war in den achtziger Jahren für Gewerbemotoren sehr in Gebrauch. Trotzdem die Anordnung für leichte Kolbenschmierung, bequeme Rohrführung und Riemenanordnung manche Vorzüge bot, ist sie heute fast ganz außer Gebrauch.

Als Nachteile der stehenden Bauart sind anzuführen die Schwierigkeit, welche die richtige Anbringung der Ventile und einfache Anordnung der Steuerung macht. Ferner zeigt sich, daß sie gegen schiefe Lage der Kurbelwelle sehr empfindlich ist. Diese etwas schiefe Lage stellt sich im Laufe der Jahre fast bei allen Motoren ein, sei es nun, daß die Kraftabgabe nur von einer Seite der Kurbelwelle erfolgt oder das Gewicht des nur auf einer

Seite angebrachten Schwungrades sie bedinge. Die Kurbel schwingt dann in einer Ebene, die schräg zur Zylinderachse liegt und drückt bei stehender Bauart die Pleuelstange und mit ihr den Kolben bald nach der einen, bald nach der anderen Seite. Daraus ergiebt sich ein immer schwererer Gang der Maschine und starke Abnutzung. Bei liegender Bauart hat die etwas schräge Lage der Kurbelwelle nicht den ungünstigen Einfluß, weil der Kolben durch geringe Verdrehung im Zylinder den Abweichungen der Kurbel folgen kann.

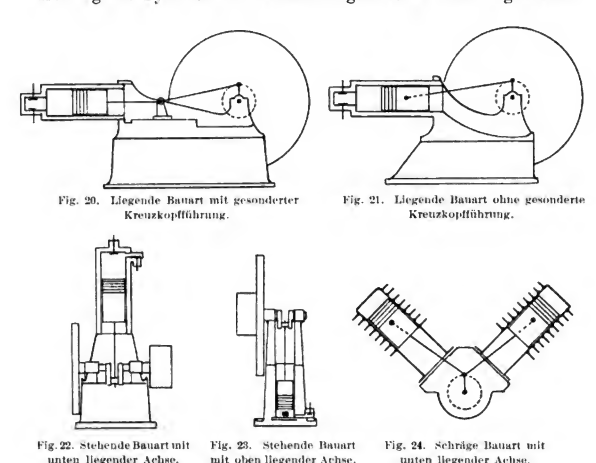


Fig. 20. Liegende Bauart mit gesonderter Kreuzkopfführung.

Fig. 21. Liegende Bauart ohne gesonderte Kreuzkopfführung.

Fig. 22. Stehende Bauart mit unten liegender Achse.

Fig. 23. Stehende Bauart mit oben liegender Achse.

Fig. 24. Schräge Bauart mit unten liegender Achse.

Wenn ein Motor stehender Bauart seinen leichten Gang auf die Dauer behalten soll, so müssen beide Kurbellager gleich stark belastet sein. Der Motor sollte hiernach also auf beiden Seiten der Kurbelwelle g l e i c h s c h w e r e Schwungräder haben.

Die s c h r ä g e B a u a r t ist bei Einzylindermaschinen wenig in Gebrauch. Sie bietet aber dort, wo man zwei und mehr Zylinder auf dieselbe Kurbel wirken lassen will, Vorzüge. Die Pleuelstangenköpfe greifen dann nebeneinander an die entsprechend verlängerte Kurbel, und meistens läßt sich auch eine gemeinsame Steuerwelle anbringen. Derartige Maschinen werden für Automobile, Rennbote

und Luftschiffsmotoren ausgeführt; bei den Rennboten hat man es schon bis auf 12 hintereinander angeordnete Zylinderpaare gebracht (Antoinette-Motor).

Die Bauart, bei der zwei liegende voreinander angeordnete Zylinder mit Angriff der Pleuelstangen an demselben Kurbelzapfen verwendet werden, hat sich in der Praxis nicht bewährt, weil die Kurbel dann für den einen Zylinder rechts-, für den anderen linksherum läuft. Nur der Zylinder, für welchen die Kurbel rechts herum läuft, erhält die starken Seitendrücke der Pleuelstange auf seiner unteren Hälfte, während bei dem andern Zylinder sich diese Drucke nach oben äußern. Durch diesen ständigen Druckwechsel nutzt sich dieser Zylinder in kurzer Zeit sehr stark ab.

In den Fig. 20 bis 24 sind die heute gebräuchlichen Bauarten dargestellt.

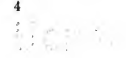
c) Konstruktionsteile der Petroleum- und Benzinmotoren.

Der Maschinenrahmen und das Kurbelgehäuse.

Bei den ortsfesten Motoren liegender Bauart bildet der Maschinenrahmen den eigentlichen Körper, an dem alle anderen Hauptteile, wie der Arbeitszylinder, die Kurbelwellenlager, die Steuerwelle usw. befestigt sind. Für Automobil- und ähnliche Motoren wird der Maschinenrahmen auch als Einkapselung des Triebwerkes benutzt und führt dann den Namen »Kurbelgehäuse«.

Bei der Formengebung des Fundamentrahmens und des Kurbelgehäuses hat man darauf zu achten, daß dieser Teil mit breiter Basis auf dem Fundament aufruhen und sich dennoch beim Festschrauben nicht verziehen kann. Bei allen besseren ortsfesten Motoren bildet der Rahmen mit dem Wassermantel und den Kurbelwellenlagern ein Gußstück, für die Befestigung aller anderen Teile sind an ihm Arbeitsflächen vorzusehen. Bei den Automobilmotoren steht das Kurbelgehäuse mit dem Wassermantel nicht in Verbindung. Als Material wird hier Aluminiumbronze verwendet, eine Legierung, welche trotz des geringen spezifischen Gewichtes 2,8 bis 3 das Gußeisen an Festigkeit erheblich übertrifft.

Jede gut eingerichtete Motorenfabrik muß eine Spezialwerkzeugmaschine für die Bearbeitung des Maschinenrahmens bzw. des Kurbelgehäuses besitzen, auf welcher dieser Maschinenteil fix und



fertig bearbeitet, mit allen Löchern und Gewinden versehen hergestellt wird, ohne daß es einer Verrückung des einmal ausgerichteten Gußstückes bedürfe.

Der Arbeitszylinder.

Das erste Erfordernis für einen wirtschaftlichen Betrieb und die Dauerhaftigkeit eines guten Motors ist ein aus dem bestgeeignetsten Material, aus dichtem harten Grauguß hergestellter Arbeitszylinder und ein ebensolcher Kolben. Die »Bohrung« des Zylinders soll genau zylindrisch sein und beim Hineinleuchten in allen Teilen eine vollkommen blanke Fläche zeigen. Nirgends dürfen Gußblasen oder poröse Stellen, die auf ein lockeres Gefüge des Eisens an dieser Stelle schließen lassen, sichtbar sein.

Da ein gleichmäßig dichter Guß nur dann erreicht wird, wenn der Zylinder ein einfaches schlichtes Gußstück von tunlichst gleicher Wandstärke bildet, so ist man schon seit langer Zeit dazu übergegangen, für ortsfeste Motoren den eigentlichen

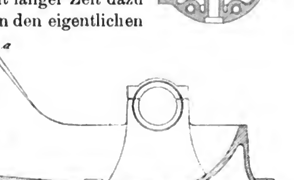


Fig. 25 und 26. Maschinenrahmen mit Einsatzzylinder liegender Bauart.

Arbeitszylinder für sich allein zu gießen, nicht im Zusammenhang mit dem Wassermantel oder gar mit dem Rahmen oder Kurbelgehäuse. Dieser sog. »Einsatzzylinder« ist dann dichtend in den Wassermantel eingesetzt, und als gemeinsamer Abschluß dient ein drittes Gußstück, gebildet aus dem Verbrennungsraum mit den Ventilgehäusen. In den Fig. 25, 26 und 27 sind Maschinenrahmen mit Zylindereinsätzen für liegende und stehende Bauarten dargestellt. Später, bei Beschreibung der Automobilmotoren, wird aus den Abbildungen auch die Form des Kurbelgehäuses deutlich entnommen werden können.

Der Einsatzzylinder wird erheblich wärmer wie der Wassermantel, und es muß dafür gesorgt sein, daß der erstere sich, un-



behindert von letzterem, ausdehnen kann. Die Abdichtung erfolgt durch eine eingelegte Gummischnur oder eine Stopfbüchse.

Der Verbrennungsraum, welcher meistens mit den Ventilgehäusen ein Gußstück bildet, ist den stärksten Drucken und höchsten Temperaturen ausgesetzt. Soweit Petroleum- und Benzinmotoren mit Kompressionen von höchstens 5 Atm. in Betracht kommen, ist auf einen Druck von 20 bis 24 Atm. zu rechnen und sind die Wandungen des Verbrennungsraumes dementsprechend stark zu machen.

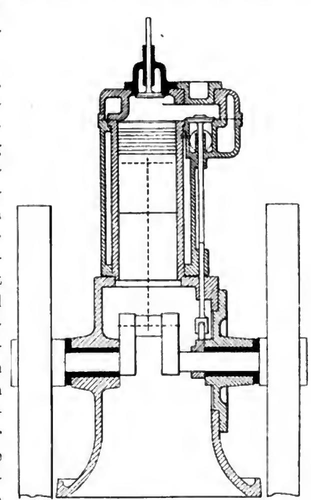


Fig. 27. Maschinenrahmen mit Einsatzzylinder stehender Bauart.

Während bei den älteren ortsfesten Petroleum- und Benzinmotoren der Verbrennungsraum eine direkte Fortsetzung der Wandungen des Arbeitszylinders im gleichen Durchmesser bildete, verengt man jetzt den Raum auf einen kleineren Durchmesser bei größerer Länge und findet so, mit Vermeidung aller Kanäle und Nebengehäuse, Platz zur bequemen Anordnung der Ventile. Die Ventilköpfe bilden dann einen Teil der Wandungen des Verbrennungsraumes; hierdurch gibt man ihm eine sehr kleine Abkühlungsoberfläche bei größtem Inhalt. Die Entzündung kann den Raum schnell nach allen Richtungen hin durcheilen, es wird nur ein geringer Teil der entwickelten Wärme von den Wandungen aufgenommen und um so viel mehr in Arbeit umgesetzt.

Den Durchmesser des Verbrennungsraumes wählt man am besten gleich seiner Länge. Das Einlaßventil liegt oben, das Auslaßventil unten. Nach Fortnahme des Einlaßventilgehäuses kann man dann den Auslaßventilkegel bequem herausziehen und die Schleiffläche besichtigen.

Bei stehend gebauten Motoren läßt sich die eben besprochene Ventilanordnung nicht anwenden. Die Seitenwände des Verbrennungsraumes stehen hier senkrecht, die in gleicher Weise angeordneten Ventile müßten also horizontal liegen. Liegende Ventile sind aber für alle Zwecke unbrauchbar, namentlich für Motoren, weil sie auf die Dauer nicht dicht halten. Für die stehende Anordnung der Ventile bleibt also nur die Decke des Verbrennungsraumes übrig, die wiederum, selbst wenn sie mit dem Zylinder gleichen Durchmesser hat, dennoch nicht immer genügenden Platz für zwei Ventile darbietet. Solange wir es mit langsamlaufenden ortsfesten Motoren zu tun haben, sind die Ventile verhältnismäßig klein und lassen sich zur Not nebeneinander anbringen. Zu den schnellaufenden Automobilmotoren gehören aber Ventile von großem Querschnitt und genügt hier die Deckenfläche nicht mehr zur bequemen Aufnahme der beiden Ventile. Wir finden hier daher Ein- und Auslaßventil meistens auf einer Seite in einem Gehäuse vereint oder je eins auf jeder Seite angebracht.

Für ortsfeste Motoren stehender Bauart, welche mit ungesteuertem Einlaßventil arbeiten, findet man dieses Ventil auch wohl mitten auf dem Deckel angebracht, während das Auslaßventil seitwärts liegt, so daß es durch ein einfaches Gestänge ohne Hebeleinschaltung gesteuert werden kann, siehe die Fig. 27.

Bis Mitte der neunziger Jahre herrschte in den Bauarten und äußeren Formen der Petroleum- und Benzinmotoren sehr große Mannigfaltigkeit. Nach und nach sind sie aber einheitlicher geworden; nur bei den Automobilmotoren treten von Zeit zu Zeit noch neue und absonderliche Formen und Anordnungen auf, die aber nie von langem Bestand sind.

Der Kolben.

Nächst dem Zylinder ist der Kolben das wichtigste Organ des Motors. Er ist an seinem Boden sehr hohen Temperaturen ausgesetzt und erhält nur durch die von innen auf ihn treffenden Ladebestandteile einige Abkühlung. Von außen kommt er beim Hin- und Herschwingen auch nur wenig mit der Luft in Berührung. Dementsprechend dehnt sich also der Kolbenboden erheblich stärker wie der Arbeitszylinder aus, der Kolben wird deshalb von vornherein am Boden etwas kleiner gedreht, so daß er bei der erfahrungsmäßig eintretenden Erwärmung und Ausdehnung den Zylinderquerschnitt genau ausfüllt.

Die gesonderte Kreuzkopfführung außerhalb des Zylinders, durch welche aller Seitendruck vom Kolben und aus dem Zylinder fortgenommen wird, findet sich immer seltener; diese Einrichtungen verteuern die Maschine erheblich, und nur die Deutzer Gasmotorenfabrik ist es, welche diese Bauart auf besonderen Wunsch noch liefert. Bei allen anderen Ausführungen müssen Zylinder und Kolben das Dichthalten und die Aufnahme des Seitendruckes gleichzeitig besorgen. Eine große Länge bzw. Tragfläche des Kolbens ist bei diesen Maschinen also von größter Bedeutung. Aus der Länge des Kolbens kann die Gebrauchsdauer der Maschine vorher bestimmt werden. Die Deutzer Gasmotorenfabrik gibt ihren Kolben eine Länge von $2^1/_4$fachem Durchmesser.

Der Kolbenzapfen.

Wie erwähnt, gibt es sehr wenige Fabriken, welche Motoren mit außenliegender Gradführung bauen. Die Konkurrenz treibt zu billigster Herstellung und giebt den Ausschlag, trotzdem der im

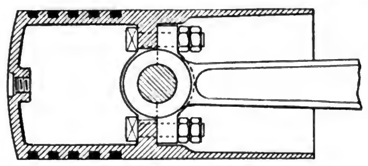


Fig. 28. Kolben mit drehbarem Bolzen.

Kolben liegende Drehzapfen bezüglich der Dauerhaftigkeit als schwächster Punkt der Maschine zu bezeichnen ist. Die Abnützung

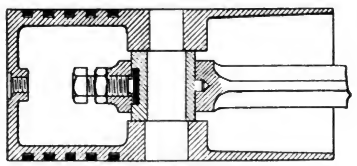


Fig. 29. Kolben mit festem Boden.

ist eine so schnelle, weil der Zapfen sehr warm wird, weil er so versteckt liegt und deshalb schwer mit dem Schmieröl zu erreichen ist, und endlich weil wenig Platz vorhanden ist, ihn groß und

tragfähig zu machen. In den Fig. 28 und 29 sind verschiedene Ausführungen des Kolbenzapfens dargestellt.

Bei den Automobilmotoren findet man mit Rücksicht auf geringe Zylinderhöhe und leichtes Gewicht sehr kurze Kolben, und dem Kolbenzapfen wird selten große Aufmerksamkeit geschenkt. Er ist meistens ein einfacher zylindrischer Stahlbolzen, der von einer Stahlbüchse des Pleuelstangenkopfes umfaßt wird. Da bei den Automobilmotoren alle innerhalb des Kurbelgehäuses liegenden Drehpunkte und Gleitorte durch Ölspülung geschmiert werden, so ist man hier wenigstens der Sorge um die zuverlässige Schmierung enthoben. Trotzdem ist aber auch hier der Kolbenbolzen der Teil, welcher sich am schnellsten abnützt.

Die Kolbenringe.

Die Kolbenringe sind ebenfalls sehr wichtige Teile des Motors. Sie sollen eine elastische Wand bilden und die Abnützung für lange Zeit auf sich nehmen. Dabei soll aber auch der Dichtungsdruck, den sie auf die Zylinderwand ausüben, nicht zu stark sein, denn die Kolbenringe wirken als Hemmschuhe und vergrößern die inneren Widerstände in der Maschine ganz erheblich.

Die Kolbenringe werden heute allgemein aus Gußeisen hergestellt. Bis Anfang der achtziger Jahre machte man sie aus Stahl. Die Elastizität des Gußeisens reicht aber vollkommen aus, und Gußeisen auf Gußeisen läuft bei den hohen Temperaturen, wie sie der Kolben eines Motors annimmt, besser aufeinander, wie Stahl auf Gußeisen.

Die nötige Elastizität gibt man dem Ring dadurch, daß er als voller Ring etwas größer im Durchmesser wie der Kolben gedreht wird, dann schneidet man ein Stück aus dem Umfang heraus und dreht den Ring abermals, in wieder zusammengespanntem Zustand, genau zu dem Zylinderdurchmesser passend ab. Die fertigen Ringe müssen sich mit den Händen über den Kolben auseinanderfedern lassen, ohne dabei verbogen zu werden. Das sicherste Kennzeichen für gut passende Kolbenringe ist, daß sie bei jeder Besichtigung auf dem ganzen Umfang gleichmäßig abgeschliffen erscheinen. Sobald sich jedesmal neu angeschliffene Stellen zeigen, ist dies ein Zeichen, daß die Ringe einen zu starken Querschnitt haben und sich bei jedem Auf- und Abziehen verbiegen. Zu starke Ringe nützen sich außerdem schnell ab, zerbrechen leicht beim Auf- und Abziehen, erfordern mehr Schmieröl und tragen dazu bei, daß sich die Ringnuten seitlich schnell ausschlagen — erweitern. Die Kolben-

ringe wirken nur dann dichtend, wenn sie in ihren Nuten beweglich sind. Nach dem Grund der Nut zu muß der Ring also Spiel haben. Die Reinigung des Kolbens erstreckt sich hauptsächlich auf die Entfernung verdickten und verbrannten Schmieröles aus den Ringnuten. Werden die Kolbenringe nicht an der Drehung gehindert, so zeigt sich, daß sie nach wenigen Stunden des Betriebes mit ihren Schnittfugen in einer Linie liegen und so den Treibgasen einen Weg ins Freie darbieten. Es muß also dafür gesorgt werden, daß die Ringe mit richtig verteilten Schnittfugen in ihrer Lage gesichert sind. Dies erfolgt durch die in der Schnittfuge liegenden Kolbenringstifte.

Die Stifte sind aufs sorgfältigste im Grund der Nuten zu befestigen. Das einfache Einschrauben dünner runder Stifte genügt

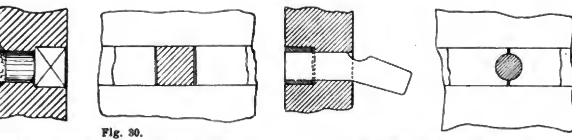


Fig. 30. Kolbenringstift der Gasmotorenfabrik »Deutz«.

Fig. 31. Tangyes Kolbenringstift.

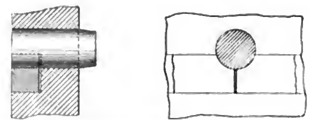


Fig. 32. Kolbenringstift der Motorenfabrik »Werdau«.

hierzu nicht, da diese sich durch den in seiner Richtung fortwährend wechselnden Druck lockern und dann Längsnuten in die Zylinderwand schleifen. Bei gut ausgeführten Motoren wird man immer finden, daß der sicheren Befestigung der Kolbenringstifte die größte Aufmerksamkeit geschenkt ist. Die Gasmotorenfabrik Deutz nietet z. B. einen vierkantigen, die ganze Nutenbreite ausfüllenden Stift ein (Fig. 30). Tangye in Birmingham verwendet einen runden, schlankkonischen Stift, läßt ihn nach innen lang hindurchreichen und sichert ihn dadurch, daß er im Kolben etwas umgebogen wird (Fig. 31). Andere lassen einen runden Stift von größerem Durchmesser wie die Nutenbreite nur zur Hälfte in die Nut hineintreten, dadurch erhält der Stift seiner ganzen Länge nach in dem vollen Eisen der Kolbenwand sicheren Halt (Fig. 32).

Ventile.

Die Ventile der Motoren vermitteln den Eintritt der Ladung und den Austritt der verbrannten Gase; sie sind den hohen Drucken und Temperaturen, welche im Verbrennungsraum herrschen, ausgesetzt und sollen trotz dieser ungünstigen Verhältnisse ihren Dienst zuverlässig verrichten. Namentlich ist es das Auslaßventil, welches den höchsten Anforderungen genügen muß.

Die erprobteste Form für das Ein- und Auslaßventil ist das aus nicht zu hartem Stahl gefertigte einfache »Kegelventil«, wie es in Fig. 33 dargestellt ist.

Ventile mit Schieberglocken, Doppelsitzventile usw., wie man sie bei Dampfmaschinen benutzt, eignen sich für Motoren nicht; man verwendet sie nur für Misch- und Regulierzwecke, wo sie der Verbrennungstemperatur und den hohen Drucken nicht direkt ausgesetzt sind. Ein- und Auslaßventile sollen immer stehend, nicht liegend oder schräg, angeordnet werden. Sie müssen möglichst lang und bis dicht an den Ventilkopf geführt sein. Besondere Sorgfalt ist auf Konstruktion der Bewegungsorgane für die Ventile zu verwenden. Auch der geringste Seitendruck auf die Ventilführung ist dabei zu vermeiden, namentlich beim Auslaßventil; man hat immer zu berücksichtigen, daß hier die Ventilspindel Temperaturen ausgesetzt ist, bei welchen man sie nicht mehr mit Öl schmieren kann. Das Herausheben der Ventilkegel, ihre Besichtigung und das Nachschleifen soll in bequemster und schnellster Weise ausführbar sein.

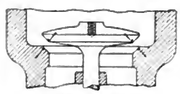


Fig. 33. Ventilform.

Die von der Steuerung angehobenen Ventile müssen in der gebildeten Öffnung den ein- und austretenden Gasen genügend freien Querschnitt darbieten; als Anhalt gelte eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 20 bis 30 m pro Sekunde in dem aus Fig. 33 erkenntlich gemachten Öffnungsspalt. Für große Motoren größere, für kleine Ausführungen geringere Geschwindigkeiten. Der Hub des Ventiles ist möglichst klein zu bemessen. Die Daumen — Nocken — zum Öffnen der Ventile sind so zu formen, daß sie der steigenden und sinkenden Geschwindigkeit des Kolbens und der damit zusammenhängenden Strömungsgeschwindigkeit im Ventilspalt Rechnung tragen. In den Ventilgehäusen sind scharfe Krümmungen, Kanten, Verengungen und schroffe Querschnittsübergänge zu vermeiden.

Das Auslaßventil wird von den sehr heißen Verbrennungsgasen durchströmt, nur bei sehr kleinen Motoren sind ungekühlte Auslassventilgehäuse zulässig. Da die Verbrennungsgase rostbildend wirken, so setzt sich die Auslaßventilspindel in längeren Betriebspausen leicht fest. An der Führung des Anlaßventiles muß also eine Schmiervorrichtung angebracht sein. Mit Öl darf hier aber nicht geschmiert werden; bei der hohen Temparatur, welche das Ventil annimmt, würde sich hier Ölkohle bilden, die das Ventil in seiner leichten Beweglichkeit hindert; man muß Petroleum verwenden, welches vollkommen verdampft und die Eigenschaft hat, Rost und verdicktes Öl, welch letzteres vom Arbeitszylinder her mit in die Führung des Auslaßventiles gelangte, aufzulösen und fortzuspülen.

Das Einlaßventil sollte auch bei Motoren kleinster Ausführung immer gesteuert werden. Mit selbsttätigen Einlaßventilen können die Zylinderabmessungen für die Krafterzeugung nie voll ausgenutzt werden; außerdem vibrieren selbsttätige Ventile beim Arbeiten und verursachen dabei ein lästiges Geräusch.

Die Brennstoffzuführungs- und Gemischbildungsorgane.

Die Konstruktionsunterschiede zwischen den Petroleum- und Benzinmotoren sind im allgemeinen sehr gering; sie werden dadurch bedingt, daß die für Petroleummotoren benutzten Brennstoffe im Gegensatz zum Benzin bei »Lufttemperatur« nicht verdampfen, und Einrichtungen nötig sind, um vor der Ingangsetzung die Verdampftemperatur zu erzeugen und während des Betriebes zu erhalten. Im übrigen haben aber alle Destillate des Rohpetroleums und der Mineralkohlen, schwersiedende und leichtsiedende, fast denselben Flüssigkeitsgrad und keine sehr großen Unterschiede im Brennwert, so daß zur Förderung des Petroleums und des Benzins dieselben Einrichtungen benützt werden können. Es macht gar keine Schwierigkeiten, einen Motor zu bauen, welcher, die nötigen Anheizeinrichtungen vorausgesetzt, ohne weiteres mit allen Brennstoffen arbeiten wird. Man bemerkt auch beim Betriebe eines solchen Motors, daß die Mengen der verschiedenen Brennstoffe, welche dabei zu fördern sind, sich wenig voneinander unterscheiden.

Es ist anzunehmen, daß die Petroleumdestillate vom spez. Gewicht 0,72 etwa die Grenze bilden, bei der die natürliche Verdunstungsfähigkeit noch hinreicht, um bei Lufttemperatur ein entzündbares Gemisch zu bilden. Bei den schwereren Destillaten sind

Einrichtungen zum »Anwärmen« nötig. Unter den heute vorhandenen Petroleummotoren unterscheiden wir solche, bei denen das Anwärmen durch äußere und solche, bei denen es durch innere Erhitzung erfolgt. Für die äußere Anwärmung sind Heizlampen nötig, die entweder nur bei der Ingangsetzung benutzt werden, bis der Motor nach einer bestimmten Zeit des Betriebes die Verdampftemperatur im Innern erreicht hat, oder die ständig brennen und einen bestimmten, besonders dafür eingerichteten Teil während des Betriebes dauernd erhitzen.

Will man keine Heizlampen verwenden, so gibt man dem Motor durch anfänglichen Betrieb mit einem leichtsiedenden Stoff, Benzin oder Benzol, in seinem Innern die nötige Temperatur und führt dann das Petroleum zu, während gleichzeitig der leichte Brennstoff abgestellt wird. Im Betriebe macht sich der Wechsel in den Brennstoffen dann gar nicht bemerkbar.

Wir werden also zu besprechen haben:

1. die Brennstoffzufuhr- und Gemischbildungsorgane für leichtsiedende Brennstoffe;
2. dieselben Einrichtungen für schwersiedende Brennstoffe:
   a) bei dauernder äußerer Erwärmung durch Heizlampen,
   b) bei nur anfänglicher Anwärmung und
   c) für solche Motoren, welche mit leichtsiedenden Brennstoffen in Gang gesetzt und so lange erhalten werden, bis sie die nötige Betriebswärme für den schwerflüchtigen Brennstoff im Innern erlangt haben.

Die Brennstoffzufuhr- und Gemischbildungsorgane für leichtsiedende Brennstoffe (Benzinmotoren).

Bei all diesen Stoffen genügt die Verdunstungsfähigkeit, um bei normaler Lufttemperatur entzündbare Gemische zu bilden. Die damit gespeisten Motoren sind also ohne weiteres betriebsbereit und bilden den eigentlichen Typ der Benzinmotoren. Wie schon im Abschnitt über die Entwicklung dieser Motoren des näheren besprochen, wurden bereits zu Ende der sechziger Jahre Apparate zur Herstellung von Leuchtgas aus leichtsiedenden Kohlenwasserstoffen auf den Markt gebracht, mit denen auch Gasmotoren ohne Schwierigkeit betrieben werden konnten. Man trieb bei diesen sog. »Luftgas«- oder »Gasolingasapparaten« einfach durch einen

größeren Vorrat von Benzin oder einen anderen geeigneten Brennstoff Luft hindurch, diese sättigte sich mit Brennstoffdämpfen und bildete ein mit mehr oder wenig leuchtender Flamme brennendes Gas, welches ebenso wie das Steinkohlenleuchtgas, auf beliebige Entfernung durch Rohre fortgeleitet werden konnte. Genau denselben, in seiner Einfachheit kaum zu übertreffenden Apparat, hat man bis etwa zum Jahre 1900 als Brennstoffzufuhrapparat und Gemischbilder für die meisten Benzinmotoren benutzt.

Der einzige Nachteil, den diese, unter dem Namen »Karburatoren« bekannten Apparate hatten, war der, daß der Brennstoff nicht bis auf den letzten Rest verbraucht werden konnte.

Die Destillation des Rohpetroleums kann nicht in der Weise durchgeführt werden, daß alle Teile einer bestimmten Destillationsgruppe genau dasselbe spezifische Gewicht hätten; es ist, wie schon der Name sagt, immer eine Gruppe von Stoffen, deren Siedepunkte innerhalb bestimmter Grenzen liegen. Unausbleiblich müssen also bei allmählicher Verdunstung einer größeren Brennstoffmenge zuerst immer die am leichtesten flüchtigen Teile verdunsten und zum Schluß ein Rest im Karburatorgefäß verbleiben, welcher bei Lufttemperatur nicht mehr verdunstbar ist und nicht mehr von Luft aufgenommen werden kann. Je nach der Jahreszeit und Lufttemperatur werden diese Reste größer oder kleiner sein. Durch Wärmeeinrichtungen an den Karburatoren hatte man zwar dem Wärter Gelegenheit gegeben, auch die Reste zum großen Teil verarbeiten zu können, doch wurde wenig Gebrauch davon gemacht, meistens zapfte man den Rest ab und warf ihn fort.

Wie wir weiter aus dem Abschnitt über die Entwicklung der Benzinmotoren entnehmen können, sind aber sehr bald Brennstoffzuführungen konstruiert worden, denen ein anderes Verfahren, wie das der Karburatoren zugrunde lag. Bei den Motoren von Wittig und Hees und denen der Gebr. Körting, welche zu Anfang der achtziger Jahre auf den Markt kamen, erfolgte zuerst die Absonderung des für den einzelnen Hub erforderlichen Brennstoffes von dem Vorrat im flüssigen Zustand ohne Luftzutritt in Form eines feinen Strahles oder Schleiers. Gleichzeitig tritt die heftig strömende Luft mit dem Brennstoff in Berührung, die jetzt nicht allein verdunstend, sondern vorwiegend zerstäubend auf ihn einwirkt. Durch die Staubform ist der Brennstoff nun in allen seinen Teilen geeignet, von dem Luftstrom fortgetragen und bis in den Verbrennungsraum hineingeführt zu werden, wo er mit den

erhitzten Wandungen in Berührung tritt und vollends in Dampfform übergehen kann.

Als sehr brauchbar erwies sich namentlich die Einrichtung des Körtingschen Benzinmotors, bei dem der Brennstoff nicht in Form eines feinen Strahles, sondern als Schleier dem Luftstrom dargeboten wurde. Bei beiden Systemen war darauf Bedacht genommen, den Zerstäubapparat so dicht wie irgend möglich an den Verbrennungsraum heranzurücken; ebenso lag auch der als flacher Kasten ausgebildete Benzinbehälter dicht daneben und nicht höher, sondern um ein geringes tiefer wie der Benzinaustritt. Der beim Ansaugehub erzeugte Unterdruck genügte dann vollkommen, das Benzin zu heben, und der Höhenunterschied der Brennstoffspiegel in dem flachen Gefäß war so gering, daß eine Verschiedenheit der Zusammensetzung des Gemisches sich nur in großen Pausen bemerkbar machte und leicht von Hand berichtigt werden konnte.

Die Körtingschen Motoren dieser Art, welche noch heute in unveränderter Form auf den Markt gelangen, gingen im Sommer und Winter mit größter Sicherheit an, Anwärmevorrichtungen waren nicht vorhanden, und sie würden sich auch für Automobil- und Bootsmotoren empfehlen, wenn man sich dazu entschließen könnte, jedem Zylinder seinen eigenen Zerstäuber zu geben und diesen dicht vor dem Einlaßventil in richtiger Lage anzubringen.

Heute ist diese Zerstäuberart nur bei ortsfesten Motoren im Gebrauch. Für die Automobil- und Bootsmotoren, wo mit starken Erschütterungen und Schwankungen des Benzinbehälters zu rechnen ist, wo Mehrzylindermotoren die Regel bilden, haben die Konstrukteure dieser Maschinen andere Wege eingeschlagen. Übernommen ist nur, daß auch hier der Brennstoff in Form eines oder mehrerer Strahlen oder eines Schleiers vom Gesamtvorrat abgesondert wird. Im übrigen wird dafür gesorgt, daß der Brennstoff durch ein gegen Erschütterungen und Schwankungen unempfindliches Schwimmerventil stets unter demselben Flüssigkeitsdruck ausfließt. Da ferner ein Apparat für mehrere Zylinder ausreichen soll, so ist davon Abstand genommen, das Benzin in Staubform bis in den Verbrennungsraum zu führen. Durch Zuführung vorgewärmter Luft, durch Abschwächung oder Verstärkung der Saugwirkung auf den Brennstoffspiegel und Einführung von »Zusatz-« oder »Beiluft« sucht man dahin zu wirken, daß aller Brennstoffstaub vor dem Eintritt in den Verbrennungsraum Dampfform angenommen habe und mit der Luft im augenblicklich wünschenswerten Verhältnis gemischt sei.

Der Automobilbetrieb mit seinen schnell wechselnden Belastungen des Motors fordert eine feine Handregulierung der Geschwindigkeit, deren Einrichtungen mit dem Gemischbilder in Verbindung gebracht sind. Durch Vereinigung so vieler Zwecke nimmt dieser Apparat einen eigenen Charakter an, es hat sich für ihn der Name »Vergaser« eingebürgert. Fast jede größere Automobilfabrik benutzt heute noch ihre eigene Vergaserkonstruktion.

In den nachstehenden Figuren sind eine Anzahl von Zerstäubern und Gemischbildern für leichtflüchtige Brennstoffe abgebildet, wie sie heute an ortsfesten und Automobilmotoren im Gebrauch sind.

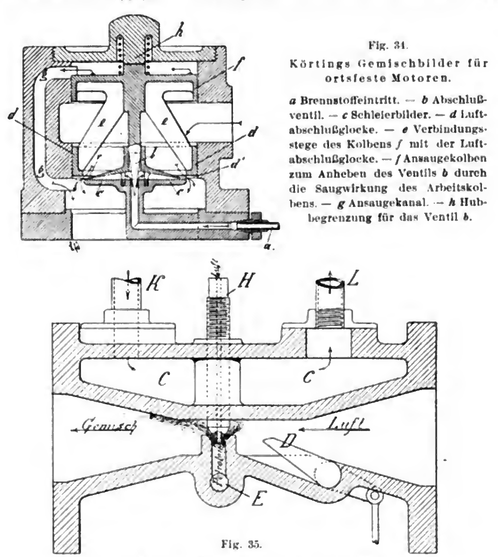


Fig. 34.
Körtings Gemischbilder für ortsfeste Motoren.

a Brennstoffeintritt. — *b* Abschlußventil. — *c* Schleierbilder. — *d* Luftabschlußglocke. — *e* Verbindungsstege des Kolbens *f* mit der Luftabschlußglocke. — *f* Ansaugekolben zum Anheben des Ventils *b* durch die Saugwirkung des Arbeitskolbens. — *g* Ansaugekanal. — *h* Hubbegrenzung für das Ventil *b*.

Fig. 35.

Zerstäuber und Gemischbilder von Bánki.

Die durch das verstellbare Rohr *H* eintretende Zerstäubeluft tritt etwas unter dem Flüssigkeitsspiegel aus und zerstäubt den Brennstoff. Die gleichzeitig über *D* eintretende Verbrennungsluft fängt den Staub auf und trägt ihn in das Innere des Motors.

E Brennstoffeintritt. — *H* Verstellbares Rohr für den Eintritt der Zerstäubeluft. — *C* Anwärmekammer. — *K* Eintritt der Auspuffgase. — *L* Austritt der Auspuffgase. — *D* Regulierklappe für die Verbrennungsluft.

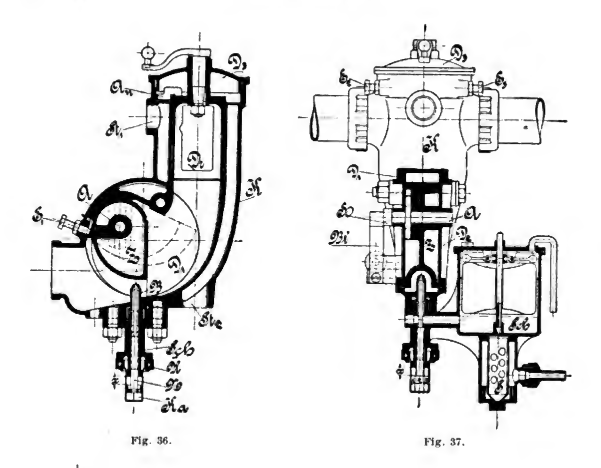


Fig. 36. Fig. 37.

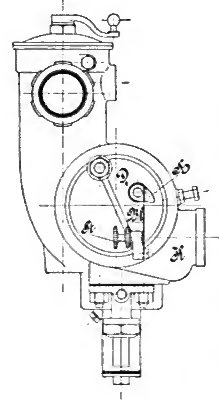


Fig. 38.

Fig. 36 bis 38.

Automobil-Gemischbilder der Daimler Motoren-Gesellschaft in Untertürkheim.

Die Menge des gebildeten Gemisches folgt selbsttätig der Kraftentnahme ohne Zusatzluft. — Das Mischungsverhältnis von Luft und Brennstoff bleibt stets das gleiche. — Die Öffnung der Brenndüse ist einstellbar. — Das Gehäuse des Gemischbilders hat Wasseranwärmung.

K Gehäuse des Gemischbilders. — *Z* Schwingende Luftklappe (Zunge), welche je nach dem Luftbedarf selbsttätig eine größere oder kleinere Öffnung für die Betriebsluft frei legt. — *A* Achse der Klappe *Z*. — *B* Brennstoffdüse mit einstellbarer Öffnung. — *N* Reguliernadel für die Öffnung der Düse *B*. — D_1 D_2 Lagerdeckel für die Klappe *Z*. — *Bl* Blattfeder zum selbsttätigen Zudrücken der Klappe *Z*. — *H* Spannhebel für die Feder *Bl*. — *E* Schraube zum Einstellen der Ruhelage für die Klappe. — *Sch* Schwimmergehäuse. — *Ka* und *U* Einrichtung zum Regulieren und Abdichten der Nadel *N*. — *S* Brennstofffilter. — St_1 und St_2 Aus- und Eintritt für das Anwärmewasser. — *Dr* Drehschieber für die Entnahme des fertigen Gemisches. — *An* Anschlag für den Drehschieber *Dr*. — E_2 und E_3 Schrauben für das Einregulieren des Drehschieberweges. — *Dr* Deckel zum Herausheben des Drehschiebers.

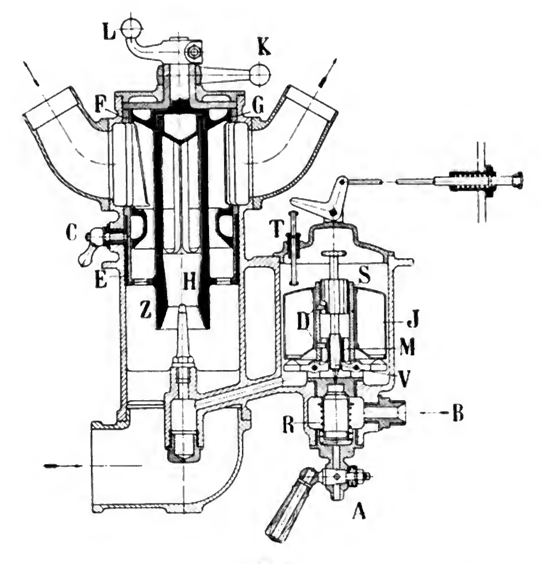


Fig. 39.

Selbsttätiger Automobil-Gemischbilder der Adler-Fahrradwerke vorm. Heinrich Kleyer, Frankfurt a. M.

Die Zusammensetzung des Gemisches wird geändert und folgt selbsttätig der Kraftentnahme durch Ändern der Zusatzluftmenge. — Das Mischungsverhältnis von Brennstoff und Luft wird durch Ändern der Zusatzluftmenge von einem selbsttätigen Regulator aus bewirkt. — Die Öffnung der Brennstoffdüse ist einstellbar. — Die Verbrennungsluft kann nach Bedarf durch die Auspuffgase vorgewärmt werden.

A Ablaßhahn für abgelagerte Unreinigkeiten im Brennstoff. — *B* Brennstoffeintrittsrohr. — *R* Brennstoffilter. — *V* Reguliernadel für die Brennstofföffnung. — *J* Schwimmer. — *S* Führungsrohr für den Schwimmer. — *M* Mutter, in welcher die Spindel *V* verstellt wird. — *D* Stifte, welche die Spindel *V* gegen Verdrehung sichern. — *T* Tupfer zum Niederdrücken des Schwimmers zwecks Anlassen des Motors. — *H* Düsenförmiges Rohr für die »Hauptluft«, durch welches der Brennstoffstaub mitgerissen wird. — *Z* Ringraum, durch welchen die Zusatzluft eintritt. — *F* Zusatzluftschieber mit Öffnungen im Boden. — *E* Verstellbarer Schieberspiegel für *F*. — *K* Hebel für den Schieber *E* vom selbsttätigen Regulator bewegt. — *G* Drehschieber (Drossel) für das fertige Gemisch. — *L* Hebel für den Schieber *G*, von Hand verstellbar. — *C* Verstellbarer Anschlagstift für den Schieberspiegel *F*.

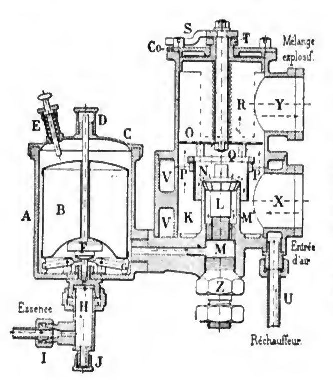


Fig. 40.

Longuemares Gemischbilder für ortsfeste und Automobilmotoren.

A Schwimmergehäuse. — *B* Schwimmer. — *E* »Tupfer« zum Öffnen des Schwimmerventils von Hand beim Anlassen des Motors. — *G* Schwimmerhebel. — *H* Sammelraum für den Brennstoff. — *I* Brennstoffzuflußrohr. — *J* Ablaßverschraubung. — *K* Luftraum. — *L* Zerstäuberdorn. — *M* Gemischkanal. — *O* Verteilungssiebplatte (Mischplatte). — *P* Beiluftkanal. — *R* Drosselglocke für das fertige Gemisch. — *S* Hebel zur Drosselglocke. — *X* Lufteintritt. — *Y* Gemischaustritt.

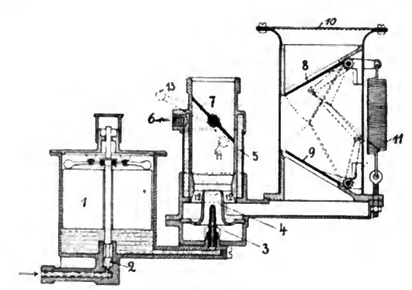


Fig. 41.

Automobil-Gemischbilder von A. Clement, Konstrukteur in Levallois-Paris (Automobiles »Bayard«).

Die Zusammensetzung des Gemisches wird geändert und folgt selbsttätig der Kraftentnahme durch Ändern der Zusatzluftmenge. — Das Gehäuse des Gemischbilders hat Wasseranwärmung.

1 Schwimmer. — *2* Nadelventil für den Abschluß des Brennstoffes. — *3* Brennstoffdüse. — *4* Luftdüse. — *5* Warmwasserraum. — *6* Austritt des warmen Wassers. — *7* Gemisch-Drosselklappe. — *8* und *9* Durch die Saugwirkung mehr oder weniger weit geöffnete Klappen für die Zusatzluft. — *10* Luftfilter. — *11* Feder für die Klappen *8* und *9*. — *12* Ringraum für den Eintritt der Zusatzluft. — *13* Hebel für die Handregulierung. — *14* Hebel zum selbsttätigen Abstellen beim Entkuppeln des Motors.

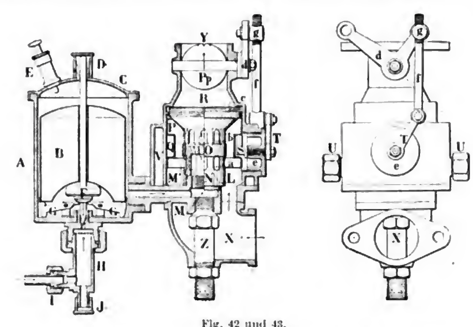


Fig. 42 und 43.

Longuemares Automobil-Gemischbilder neuester Konstruktion.

A Schwimmergehäuse. — *B* Schwimmer. — *E* Tupfer. — *G* Schwimmerhebel. — *H* Sammelraum für den Brennstoff. — *I* Brennstoffzuflußrohr. — *J* Ablaßverschraubung. — *L* Zerstäuberdorn. — *a b c* mit der Drosselklappe *p* verbundene Beiluftschieberglocke. — *d g f* Hebelverbindung für Drosselklappe und Beiluftglocke. — *X* Lufteintritt. — *Y* Gemischaustritt.

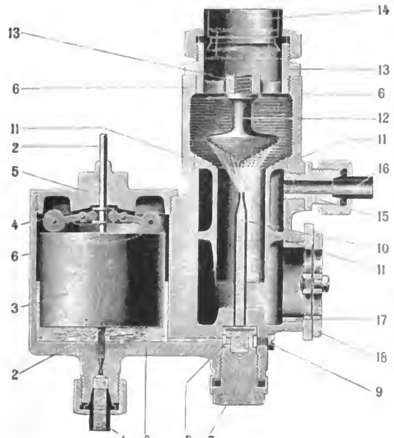


Fig. 44.

Gemischbilder für die Motorräder der Neckarsulmer Fahrrad-werke A.-G.

Die Zusammensetzung des Gemisches wird von Hand geändert. — Zusatzluft wird nach Bedarf dicht vor dem Motor zugeführt. — Anwärmung nach Bedarf durch die Auspuffgase.

1 Brennstoffeintrittsrohr.
2 Reguliernadelventil.
3 Schwimmer.
4 Schwimmerhebel.
7 Ablaßschraube.
8 Filter.
10 Brennstoffdüse.
11 Gemischdüse.
12 Zerstäuberkegel.
13 und *14* Verschraubung für das Gemischrohr nach dem Motor.
15 Eintritt für die Auspuffgase.
17 und *18* Drehschieber für die Luftregulierung.

Apparate für die Brennstoffeinführung und Gemischbildung der schwersiedenden Brennstoffe.

Um festzustellen, welches Verfahren für die Einführung, Verdampfung und Gemischbildung der schwersiedenden Petroleumdestillate das richtigste sei, müssen wir einer ihrer Eigenschaften gedenken, von welcher schon im Abschnitt 2, gelegentlich Besprechung der Petroleumdestillate, die Rede war, nämlich der chemischen Zersetzung der Petroleumdämpfe, welche schon bei etwa 270° beginnt, also einer Temperatur, die wiederum auch nötig ist, um die am schwersten flüchtigen Teile des Lampenpetroleums in Dampf zu verwandeln. Petroleumverdampfung und chemische Zersetzung der Dämpfe gehen also von etwa 270° ab nebeneinander her. Je höher die Temperatur steigt, um so mehr gewinnt die chemische Zersetzung — die Bildung von Ölgas — die Überhand, und wir bekommen es mit einem Brennstoff zu tun, der einen andern Brennwert hat, ein anderes Mischungsverhältnis mit Luft bedingt und auch andere Verbrennungseigenschaften besitzt, wie der reine Petroleumdampf. Hiernach empfiehlt es sich nicht, die Temperatur bei Verdampfung des Petroleums viel über 270° zu steigern. Ebenso schädlich ist es natürlich, sie viel unter 270° sinken zu lassen, weil dann noch nicht alle Bestandteile des Petroleums in Dampfform übergegangen sind.

Anderseits muß auch dafür gesorgt werden, daß das einmal in Dampfform übergeführte und mit Luft vermischte Petroleum möglichst vor Abkühlung an kälteren Flächen wie 270° behütet wird, denn durch Abkühlung würde ja einem Teil der Dämpfe Gelegenheit gegeben sein, wieder in die flüssige Form überzugehen, gewissermaßen aus dem Gemisch herauszufallen und sich der Verbrennung zu entziehen.

Daß die Konstruktionsbedingungen für die Apparate zur Brennstoffeinführung und Gemischbildung nicht leicht zu erfüllen sind, wird aus diesen Betrachtungen verständlich sein. In der Tat ist auch eine nach allen Richtungen hin befriedigende Lösung dieser Aufgabe noch nicht zu verzeichnen. Es wird aber auch klar, welch großen Vorzug das Arbeitsverfahren des Dieselmotors besitzt, bei dem der Brennstoff direkt in Staubform zur Verbrennung gelangt und die Überführung in Dampf ganz fortfällt.

Trotzdem braucht man das Problem der Gemischbildung für Petroleummotoren aber nicht für unlösbar zu halten. Die praktischen

Vorzüge, welche die mit Gemischbildung arbeitenden Maschinen gegenüber dem Dieselmotor haben werden, sind so beträchtlich, daß es sich schon der Mühe lohnt, weiter an dieser Aufgabe zu arbeiten.

Aus unseren Betrachtungen über die Vorgänge beim Verdunsten und Verdampfen der leicht- und schwerflüchtigen Brennstoffe können wir auch entnehmen, daß die vielfach übliche Bezeichnung »Vergaser« für den Apparat, welcher die Einführung und Gemischbildung bei den Benzin- und Petroleummotoren bewirkt, nicht sinngemäß ist. Verdampfung und Vergasung sind Vorgänge, die in diesem Fall verschiedene Wirkungen hervorbringen. Verdampfung ist der rein physikalische Vorgang, bei dem eine Flüssigkeit in Dampfform übergeht. Vergasung ist der chemische Vorgang, bei dem ein Körper in andere Körper von andern Eigenschaften zerfällt. In unserem Fall deutet also der Name Vergaser grade auf einen Vorgang im Apparat hin, der dort nicht eintreten soll, wir wollen keine chemische Umbildung des flüssigen Brennstoffes, keine Gasbildung, sondern nur eine Dämpfebildung. Die betreffenden Apparate, nicht Vergaser, sondern »Gemischbilder« zu nennen, wäre also sowohl für Benzin- wie Petroleummotoren richtiger.

Die nachstehend dargestellten »Gemischbilder« ausgeführter Petroleummotoren geben Aufschluß, in wie weit man bis jetzt den Anforderungen an eine richtige Verdampfung, Gemischbildung und Gemischerhaltung entsprochen hat.

Fig. 45 stellt den Gemischbilder von Capitaine dar, wie er seit langen Jahren von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. Ph. Swiderski in Leipzig ausgeführt wird.

Die Erwärmung des Verdampfraumes erfolgt durch dauernde äußere Beheizung mittels Lampe.

Zu den Gemischbildern mit anfänglicher Erwärmung durch Heizlampe können alle die Einrichtungen gerechnet werden, welche an den nach dem System Hornsby gebauten Motoren angebracht sind. Eine solche Einrichtung ist in Fig. 16 Abschnitt 3 ersichtlich.

Auch bei dem Gemischbilder des von Ganz & Co. in Budapest gebauten Bánki-Petroleummotors wird die Heizlampe nur anfänglich benutzt.

Dieser Motor arbeitet mit sehr hoher Kompression, bis 16 Atm. — Zur Verhinderung von Frühzündungen wird gleichzeitig mit dem Brennstoff auch Wasserstaub eingeführt. Die Apparate zur Brenn-

stoff- und Wasserzerstäubung liegen hintereinander im Lufteintrittskanal, so daß ein Gemisch von Luft, Brennstoffstaub und Wasserstaub angesaugt wird; damit stets genau gleiche Mengen Brennstoff- und Wassermengen zur Zerstäubung gelangen, werden beide durch Schwimmerventile zugeführt. Die Betriebsluft wird durch die Auspuffgase kräftig vorgewärmt. Die Zündung erfolgt durch Glührohr, welches aber nur anfänglich durch Heizlampe erwärmt wird. Der innere Raum des Rohres ist so groß bemessen, daß das in ihm verbrennende Gemisch für Aufrechterhaltung der Zündtemperatur genügt.

Mit den Gemischbildern, bei welchen die Ingangsetzung des Motors ohne Anwärmung mit Heizlampe, durch anfänglichen Betrieb mit leicht siedenden Brennstoffen erfolgt, bis die inneren Flächen der Ventilgehäuse und des Verbrennungsraumes die Verdampftemperatur für den schwersiedenden Brennstoff angenommen haben, sind heute die meisten Petroleummotoren und ebenso auch die meisten Spiritus- und Erginmotoren ausgerüstet.

In Fig. 48 ist ein Gemischbilder dieser Art, wie er von Longuemare Frères in Paris gebaut wird, dargestellt.

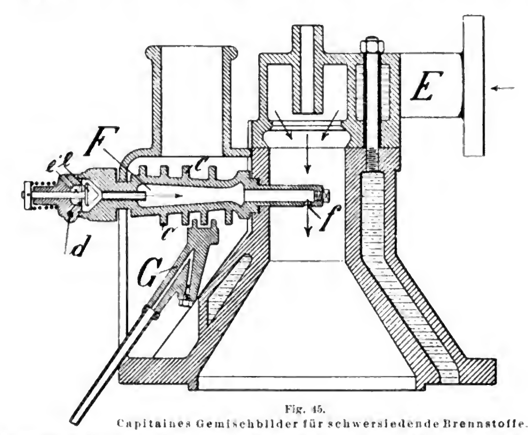
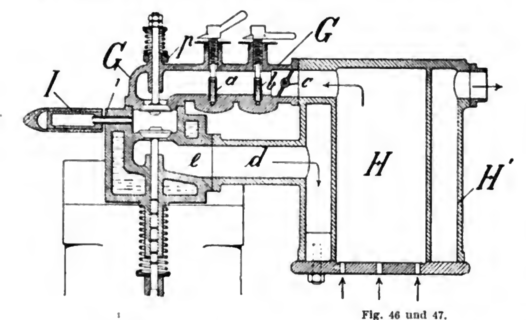


Fig. 45.

Capitaines Gemischbilder für schwersiedende Brennstoffe.

d Petroleumeintritt von der Petroleumpumpe kommend. — *e'* Zerstäube-Lufteintritt. — *e* Zerstäubeventil. — *F* Verdampfraum für den Petroleumstaub und Zündort. — *c* Heizrippen. — *f* Austritt für den Petroleumdampf. — *E* Eintritt für die Betriebsluft. — *G* Heizlampe.



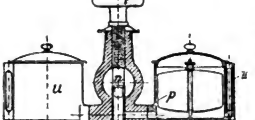
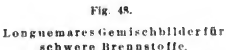


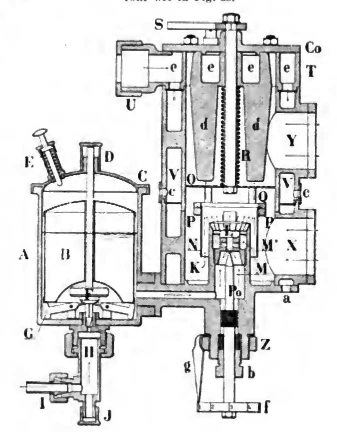
Fig. 46 und 47.
Bänkis Gemischbilder für Petroleum- und Benzinmotoren.

a Petroleumzerstäuber. — *b* Wasserzerstäuber. — *c* Drosselklappe für die Betriebsluft. — *d* Auspuffrohr. — *e* Auslaßventilstutzen. — *G* Einlaßventilgehäuse. — *G'* Lufteinlaß. — *H* Luftvorwärmeraum. — *H'* Ringförmiger Auspuffraum. — *I* Zündraum. — *l* Zündrohr. — *u* Schwimmergehäuse. — *p* Schwimmer. — *v* Brennstoffeintrittsrohr. — *m* Standrohr für den Brennstoff. — *n t* Zerstäuberrohr wie in Fig. 35.

Fig. 48.


Longuemares Gemischbilder für schwere Brennstoffe.

A Schwimmergehäuse. — *B* Schwimmer. *F* Schwimmerventil. — *G* Schwimmerhebel. — *I* Brennstoffeintrittsrohr. — *J* Ablaßverschraubung für abgesetzte Unreinigkeiten. — P_0 Brennstoff-Regulierventil. — *M'* Brennstoffaustritt. — *L* Zerstäuberkegel. — *X* Eintritt für Luft, welche durch Auspuffgase vorgewärmt wird. — *K* Weg für die Zerstäubeluft. — *P P* Weg für die Zusatzluft. — *N O Q R S* Reguliervorrichtung für Zerstäube- und Zusatzluft. — *d d* Heizkörper. — *e e* Heizkanäle von Auspuff durchströmt. — *U* Eintritt der Auspuffgase. — *c c* Ablaßöffnungen für das Kondenswasser aus den Auspuffgasen.



Brennstoffpumpen.

Aus den angeführten Beispielen für Gemischbilder-Konstruktionen ersehen wir, daß zum Abmessen, Fördern und Zerstäuben der leichtsiedenden Brennstoffe nur der Unterdruck beim Ansaugen als treibende Kraft benutzt wird. Je nach dem Kraftbedarf und der Witterung wird das Verhältnis von Brennstoff und Luft selbsttätig oder von Hand geändert und den Apparaten Wärme zugeführt. Bei den schwersiedenden Brennstoffen wird dieser Weg nicht immer beschritten, teils weil bei manchen Arbeitsverfahren, wie z. B. beim Dieselmotor, der Brennstoff überhaupt nicht in der Saugperiode gefördert werden darf, teils weil man den Eintritt des Brennstoffes mit Rücksicht auf schnelle Beförderung in den Verbrennungsraum nicht auf den ganzen Ansaugehub verteilen will. Hier kann also der Unterdruck beim Ansaugen des Arbeitskolbens nicht als treibende Kraft herangezogen werden; es müssen Pumpen an seine Stelle treten, welche von der Steuerung aus bewegt werden.

Je nach der Regulierart, welche bei den Motoren verwendet wird, hat man Brennstoffpumpen zu unterscheiden, welche bei voller Kraftleistung des Motors immer genau dieselbe Brennstoffmenge fördern, bei verminderter Kraftäußerung dagegen den Betrieb zeitweise ganz einstellen und solche, bei denen die Menge des jeweilig geförderten Brennstoffes der wechselnden Kraftäußerung des Motors folgt.

In den Fig. 49 und 50 sind Pumpen der ersteren Art dargestellt. Fig. 49 zeigt die Ausführungsart der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals Ph. Swiderski. Fig. 50 ist eine Konstruktion, wie sie von der früheren Motorenfabrik von Grob & Co. benutzt wurde. Fig. 51 zeigt die Brennstoffpumpe des Dieselmotors.

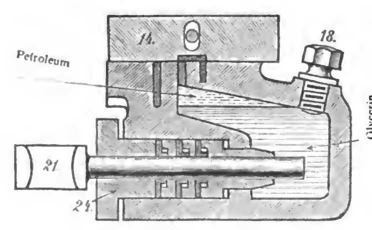


Fig. 49.
Brennstoffpumpe des Swiderskischen Petroleummotors.

14 Verteilungsschieber für das Petroleum (Ersatz der Ventile).
18 Füllschraube für Glyzerin (das dickflüssige Glyzerin gewährleistet in Berührung mit dem Kolben eine bessere Dichtung wie das dünnflüssige Petroleum).
21 Pumpenkolben.
24 Stopfbüchse.

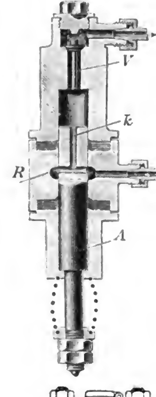


Fig. 50.

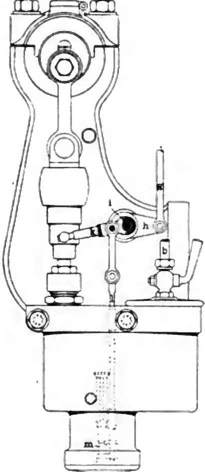
Ventillose Brennstoffpumpe von Grob & Co.

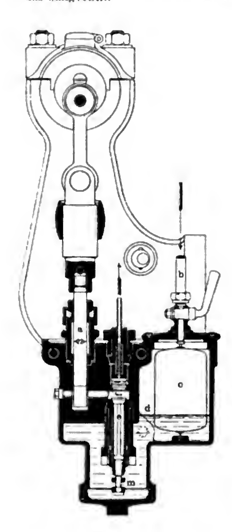
A Pumpenkolben. — *R* Sammelraum für zufließendes Petroleum. — *k* Petroleumkanal im Kolben — *V* Rückschlagventil.

Fig. 51 und 52.

Brennstoffpumpe des Dieselmotors.

a Pumpenkolben. — *b* Brennstoffzuflußrohr. — *c* Schwimmer. — *d* Sammelraum für Brennstoff. — *e* Saugventil. — *f* Druckventil. — *g* Verbindungsstange der Saugventilsteuerung mit dem Regulator. — *h k* Steuerungshebel für das Saugventil. — *i* Exzentrischer Drehzapfen für den Steuerzapfen. — *l m* Steuerstange für das Saugventil.





Ein sehr notwendiges Zubehör für alle Arten der Gemischbilder sind die

Brennstoffilter.

Der den feinen Öffnungen der Spritzdüsen, Schleierbilder und den Pumpen zufließende Brennstoff muß völlig frei von Fremdkörpern sein, andernfalls sind Verstopfungen unausbleiblich. Jeder mit flüssigen Brennstoffen arbeitende Motor muß also mit einem Filter ausgerüstet sein. Die einfachsten Einrichtungen dieser Art bestehen in einer dicken Filzplatte, welche auf einem Siebboden im Brennstoffvorratsbehälter liegt.

Drahtgazefilter verschiedener Art, bei denen eine schnelle Reinigung der Filterfläche ermöglicht ist, sind in den Fig. 53 bis 55 dargestellt.

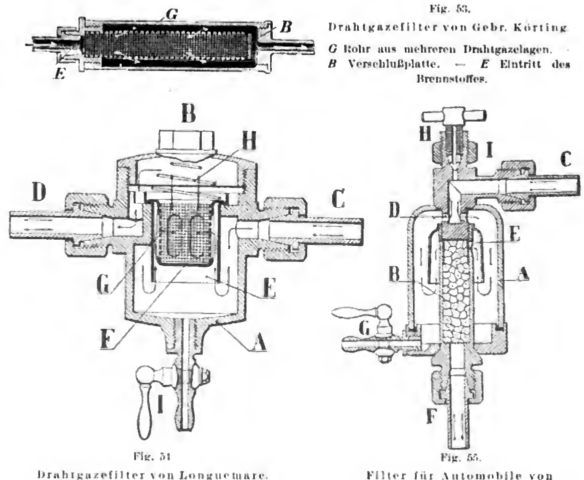


Fig. 53.

Drahtgazefilter von Gebr. Körting

G Rohr aus mehreren Drahtgazelagen. — *B* Verschlußplatte. — *E* Eintritt des Brennstoffes.

Fig. 54

Drahtgazefilter von Longuemare.

A Filtergehäuse. — *B* Reinigungsverschraubung. — *C* Brennstoffzutritt. — *D* Brennstoffaustritt. — *F* Filterrohrdeckel. — *G* Drahtgazezylinder. — *H* Feder zum Halten der Drahtgaze. — *I* Ablaßhahn.

Fig. 55.

Filter für Automobile von Longuemare.

A Filtergehäuse. — *B* Filterkörper (Salz oder Bimsteinstücke). — *C D E* Brennstoffeintritt. — *F* Brennstoffaustritt. — *G* Ablaßhahn. — *H* Entlüftungsventil.

Die Heizlampen der Petroleum- und Benzinmotoren.

Die Heizlampen zur Erwärmung der Gemischbilder und Zündrohre haben im Motorenbau nie volles Bürgerrecht genossen, sie sind noch immer das Sorgenkind der Wärter und auch nicht als ungefährliche Apparate zu bezeichnen. Namentlich für Benzinmotoren bilden sie eine Quelle steter Feuersgefahr und sind hier auch kaum mehr im Gebrauch. Fast alle Benzin-, Benzol- und Spiritusmotoren sind mit elektrischer Zündung ausgerüstet. Nur bei den Petroleummotoren, welche mit Gemischbildung arbeiten, geht es bis auf den heutigen Tag in sehr vielen Fällen noch nicht ohne Heizlampe. Will man die Benutzung von leichtsiedenden Brennstoffen zum Anlassen ganz ausschließen, wie das ja für den Betrieb auf Booten und Schiffen durchaus geboten ist, so bleibt eben nur die Heizlampe als einziges Anwärmemittel übrig.[1])

Außerdem behaupten auch viele Fabrikanten, daß die Zündung mit ständig erwärmtem Zündrohr das allein richtige Zündverfahren für Petroleummotoren sei, und daß sich elektrische Zündung für diese Maschinen nicht bewährt habe.[2]) Jedenfalls ist es nötig, die Heizlampen in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen. Von allen Künsteleien, die früher an diesen Lampen versucht wurden, ist man längst abgekommen. Die Wirkungsweise der heutigen Petroleumheizlampen ist die der bekannten einfachen Benzinlötlampe. In beiden Fällen handelt es sich darum, den Brennstoff in Dampf zu verwandeln und unter Druck aus einer feinen Öffnung zu treiben, damit er nach Art des »Bunsenbrenners« Luft mitreißt, sich damit vermischt, und als Gemischflamme mit hoher Temperatur verbrannt werden kann. Der Druck, unter dem der Brennstoffdampf ausströmt, muß so kräftig sein, daß der Strahl nicht nur genügend Luft mitreißt, sondern für eine bestimmte Strecke auch noch schneller strömt, wie er brennt. Auf dieser Strecke findet dann die Mischung mit Luft statt; je kürzer die Strecke ist, um so weniger Luft mischt sich dem Brennstoff zu, je länger, um so luftreicher wird das Gemisch. Zu einer bestimmten Brenneröffnung

[1]) Gebrüder Körting haben sich eine Anwärmung durch den elektrischen Strom patentieren lassen.

[2]) Nach den Erfahrungen des Verfassers trifft dies nur dort zu, wo die Motoren mit unvollkommener Gemischbildung arbeiten und sich infolgedessen viele Rückstände im Verbrennungsraum und in den Ventilgehäusen absetzen. Bei Bootsmotoren wirkt aber die feuchte salzhaltige Luft in der Tat zerstörend auf die Drahtisolationen der elektrischen Zündung ein.

gehört also auch immer ein bestimmter Druck im Lampenbehälter, damit das zu vollkommener Verbrennung und höchster Temperaturbildung gehörende Mischungsverhältnis von Brennstoffdampf und Luft gebildet wird.

Bei dem leichtsiedenden Benzin kann durch äußeres Anwärmen des Brennerrohres und Lampenbehälters der erforderliche Druck leicht erzeugt werden. Mit dem schwersiedenden Petroleum ist dies nicht so leicht ausführbar, hier sieht man meistens von der Erwärmung des Brennstoffes im Behälter ganz ab und erzeugt den nötigen Druck durch eine kleine Luftdruckpumpe. Die Verdampfung des Brennstoffes erfolgt hier nur im Brennerrohr. Die Daimlermotorengesellschaft erzeugt den Druck über dem Brennstoffvorrat nicht durch eine vom Motor betriebene Luftpumpe, sondern benutzt einen Teil der Auspuffgase dazu. Da die Spannung der Gase beim Austritt aus dem Motor zu hoch ist, so ist hier das in Fig. 56 und 57 dargestellte Druckminderungsventil eingeschaltet, mit Hilfe dessen nur soviel von den Auspuffgasen in den Brennstoffbehälter treten kann, wie für den Betrieb der Lampe förderlich ist.

Bei den Heizlampen soll die Bildung von explosiblem Gemisch im Lampenbehälter möglichst vermieden werden, in den Benzinlampen darf also keine Luft über dem Flüssigkeitsspiegel stehen, und bei den Petroleumlampen mit Luftpumpe soll sich kein Petroleumdampf über dem Brennstoff bilden. Für Benzinlampen wendet man ein kurzes Brennerrohr an, damit genügend Wärme auf den Vorratsbehälter zurückgeführt wird, bei Petroleumlampen soll die Wärmerückführung nach dem Behälter möglichst vermieden werden und sich nur auf das Brennerrohr äußern.

Aus der Wirkungsweise der Heizlampe wird klar, nach welcher Richtung hin Gefahren bei ihrer Benutzung entstehen können. Vor allen Dingen ist zu berücksichtigen, daß die Brennstoffdampfbildung nicht sofort aufhört, wenn die Flamme der Lampe absichtlich oder zufällig erlischt. Es strömt dann noch so lange unentzündetes Gemisch aus, wie die Wärme des Brennerrohres zur Bildung von Brennstoffdampf ausreicht. Ist der Motorenraum eng begrenzt und womöglich noch mit warmer Luft erfüllt, wie das ja auf Booten häufig der Fall ist, so kann es leicht zu einer Explosion des ausgeströmten Gemisches kommen, falls kurze Zeit nach dem Erlöschen die Lampe wieder angezündet wird. Wie die Erfahrung lehrt, sind diese Explosionen nicht immer harmlos, sondern können für den Wärter und auch für das Fahrzeug verhängnisvoll werden.

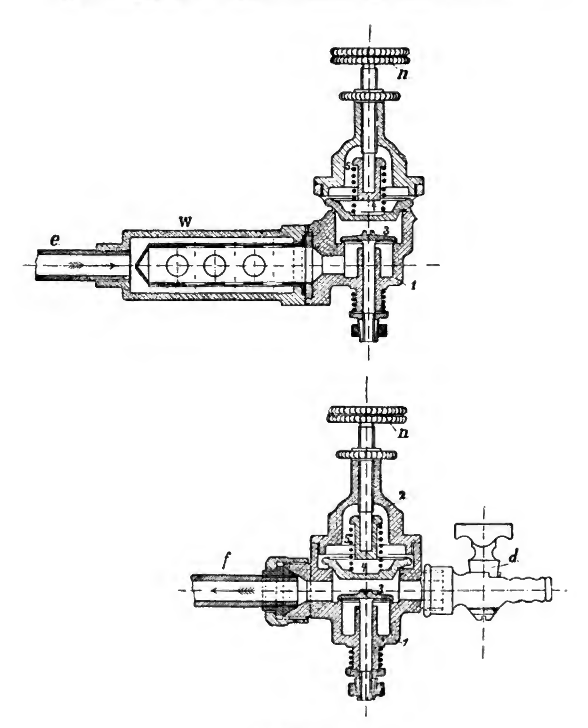


Fig. 56 und 57.

Druckerzenger für Heizlampen, verwendet von der Daimler-Motorengesellschaft.

Der Druck über dem Brennstoffspiegel im Lampenbehälter wird hier durch die unter der Endspannung ausströmenden Auspuffgase erzeugt.

1 Gehäuse für das Rückschlagventil *3* und das Sicherheitsventil *4*. — *e* Eintrittsrohr für die gespannten Auspuffgase, welche das Ventil *3* heben und durch Rohr *f* zum Lampenbehälter geleitet werden. — *n* Stellschraube für die Belastungsfeder des Sicherheitsventils *4*, mit welcher der Druck der Gase reguliert wird, die nach dem Lampenbehälter strömen. — *d* Ablaßhahn für die Unreinigkeiten, welche die Auspuffgase mitführen.

Eine weitere Gefahr entsteht dadurch, daß die Verbrennungsgase der Flamme und die hohe Temperatur mit der Zeit zerstörend auf den Brennerkopf der Lampe einwirken. Kommt es hierdurch zu Undichtigkeiten, so können größere Mengen flüssigen Brennstoffs ausspritzen, die sich entzünden und auf Holzböden zu Bränden Veranlassung geben. Um die Lampen in Gang zu setzen, hat man das Brennerrohr mit einer kleinen Spiritusdochtlampe oder durch

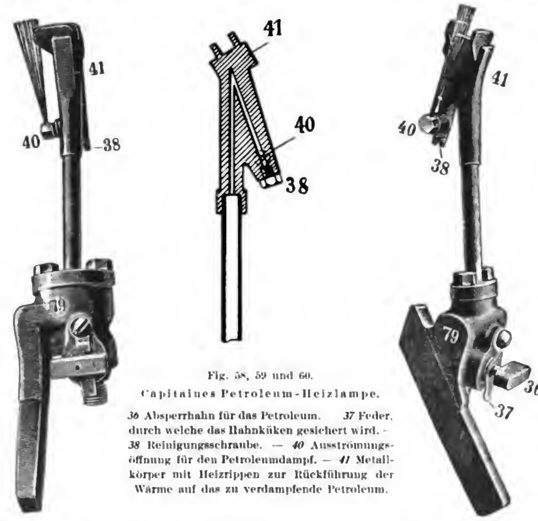


Fig. 58, 59 und 60.
Capitaines Petroleum-Heizlampe.

36 Absperrhahn für das Petroleum. — *37* Feder, durch welche das Hahnküken gesichert wird. — *38* Reinigungsschraube. — *40* Ausströmungsöffnung für den Petroleumdampf. — *41* Metallkörper mit Heizrippen zur Rückführung der Wärme auf das zu verdampfende Petroleum.

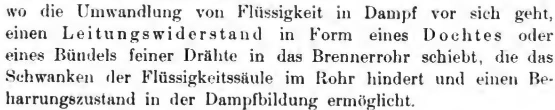
Entzünden einer geringen Spiritusmenge, welche in ein zu diesem Zweck angebrachtes Schälchen gegossen wird, zu erhitzen. Läßt man dann den Brennstoff in das Rohr treten, so bilden sich Dämpfe, die schon mit einer gewissen Spannung aus der feinen Öffnung ausströmen, sich entzünden lassen und zuerst noch mit etwas leuchtender Flamme brennen; das Brennerrohr erwärmt sich dann mehr und mehr, die Dämpfe nehmen höhere Spannung an, treten mit größter Geschwindigkeit aus, der Ursprung der Flamme entfernt sich weiter von der Mündung, es wird mehr Luft mitgerissen, die

Verbrennung wird vollkommener, bis schließlich eine stetig brennende, nicht leuchtende hellblaue Flamme von hoher Temperatur entsteht. Das gleichmäßig stetige Brennen kommt in folgender Weise zustande: Da die gebildeten Dämpfe nicht so schnell aus der feinen Öffnung entweichen können wie sie sich bilden, so nehmen sie eine gewisse Spannung im Innern des Brennerrohres an, und

Fig. 61.
Schwedische Petroleum-Heizlampe.

1 Petroleumbehälter. — *2* Steigrohr für das Petroleum mit einliegendem Docht. — *3* Füllschraube. — *4* Regulierschraube für den Luftdruck über dem Petroleum. — *5* Luftpumpe. — *6* Schale zur Aufnahme des Anwärmepetroleums. — *7* Halter für das Flammenrohr. — *8* Flammenrohr. — *9* Rohrwindung zur Aufnahme und Rückführung der Wärme auf das flüssige Petroleum. *10* Ausströmungsoffnung des Petroleumdampfes.

drängen den Brennstoff entsprechend dieser Spannung nach dem Behälter hin zurück, das flüssige Petroleum entfernt sich also von den heißen Teilen des Brenners, die Dampfbildung nimmt ab, der Druck im Behälter schiebt die Flüssigkeitszone wieder vor, so daß wieder stärkere Dampfbildung eintritt. Solcher Art würde ein fortwährendes Hin- und Herschwanken der Flüssigkeit im Brennerrohr und dementsprechend ein ständiges An- und Abschwellen der Flamme eintreten. Die nötige Stetigkeit erhält die Flamme erst dadurch, daß man dort, wo die Umwandlung von Flüssigkeit in Dampf vor sich geht, einen Leitungswiderstand in Form eines Dochtes oder eines Bündels feiner Drähte in das Brennerrohr schiebt, die das Schwanken der Flüssigkeitssäule im Rohr hindert und einen Beharrungszustand in der Dampfbildung ermöglicht.



In Fig. 58 bis 61 sind einige der gebräuchlichen Petroleum-Heizlampen dargestellt.

Die Geschwindigkeitsregulatoren.

Für die Geschwindigkeitsregulierung der Petroleum- und Benzinmotoren sind folgende Verfahren im Gebrauch:

1. Durch Ausfallenlassen der Ladung (Aussetzerregulierung).
2. Durch Ändern der Ladungsmenge (Füllungs- oder Quantitätsregulierung).
3. Durch Ändern der Zusammensetzung des Gemisches (Gemisch- oder Qualitätsregulierung).
4. Durch Verlegung des Zündzeitpunktes.

So lange man glaubte, die Verdichtung in den Gasmotoren nicht über 3 Atm. steigern zu dürfen, also bis Mitte der achtziger Jahre, galt die Regel, daß dort, wo es hauptsächlich auf Wirtschaftlichkeit des Betriebes und weniger auf die Gleichmäßigkeit des Ganges ankam, die Geschwindigkeitsregulierung durch »Aussetzen« der Ladung bewirkt werden müsse. Die Regulierarten durch Ändern der Ladungsmenge oder des Mischungsverhältnisses waren nur dort gebräuchlich, wo es allein auf größte Gleichmäßigkeit des Ganges ankam. Nachdem man dann aber die Verdichtung bei den Gasmotoren im Laufe der Zeit um das dreifache steigerte, wurde diese Regel hinfällig. Die hohe Verdichtung verleiht dem gasarmen Gemisch eine erhöhte Zündbarkeit und schnellere Verbrennung, so daß man jetzt für geringe Kraftäußerungen, welche mit Verringerung des Gasgehaltes der Ladung erreicht wurden, auch eine ebenso gute Ökonomie erreicht, wie mit der alten Aussetzerregulierung. Gleichmäßigkeit des Ganges und Wirtschaftlichkeit konnten in dieser Weise also vereint werden.

Diesen Fortschritt im Gasmotorenbau hat man sich auch soviel wie möglich bei den Benzin- und Petroleummotoren zunutze gemacht; kann man die Verdichtung hier auch nicht ohne weiteres auf dieselbe Höhe wie bei den Gasmotoren steigern, so geht man damit doch bis an die Grenze des Zulässigen. Bei den Petrolmotoren setzt man vielfach dem Petroleumdampfluftgemisch Wasserstaub zu und erhöht damit die Grenze der Verdichtung, bis zu welcher man gehen kann. Bei den Benzinmotoren, soweit Automobilmotoren in Frage kommen, ist die Aussetzerregulierung ganz abgekommen, fast ohne Ausnahme findet man hier Füllungs- oder Gemischregulierung in Verbindung mit Verlegung des Zündzeitpunktes. Die

Verdichtung kann ohne Zuhilfenahme von Wassereinspritzung beim Benzinbetrieb bis auf 5 $^1/_2$ Atm. gesteigert werden, wenn die Wasserkühlung eine recht ausgiebige ist.

Für die angeführten Regulierverfahren sind folgende Ausführungsarten im Gebrauch:

a) Aussetzerregulierung.

1. Die durch Aussetzen der Brennstoffzufuhr mit Beibehaltung der Lufteinnahme und Verdichtung der Luft. Bestes Ergebnis für den Leergang; 10 Umgänge auf einen Vollgang.
2. Durch Aussetzen der Zufuhr von Brennstoff und Luft und Aufhebung der Verdichtung. Erreicht durch Abstützen des Auslaßventiles in geöffneter Stellung, so daß nicht neue Ladung, sondern die soeben ausgestoßenen Verbrennungsprodukte wieder in den Zylinder zurückgesaugt werden, bis sich ein neuer Kraftimpuls nötig macht.
3. Durch Geschlossenhalten des Auslaßventiles. Bei dieser Ausführungsart werden also die Verbrennungsprodukte zeitweise nicht ins Freie entlassen, sondern so lange im Zylinder »geknetet«, bis ein neuer Kraftzuwachs erforderlich wird. Diese Ausführungsart ist heute nur wenig im Gebrauch.

b) Die Regulierung durch Ändern der Ladungsmenge (Füllungs- oder Quantitätsregulierung) kann ausgeführt werden:

1. Durch Verengen und Erweitern des Einlaßkanales mittels Drosselklappe oder Ringschieber.
2. Durch Ändern des Einlaßventilhubes oder Ändern der Erhebungszeit des Ventiles.
3. Durch früheren oder späteren Schluß des Auslaßventils bei selbsttätig arbeitendem Einlaßventil.
4. Durch Zurückdrücken eines Teiles der Ladung in den Einlaßtopf.

Die Füllungsregulierung ergibt bei genügend hoher Kompression regelmäßigen Gang und günstigen Brennstoffverbrauch für geringe Belastung. Dabei regelmäßige Zündungen bis auf den Leergang herunter.

c) Die Regulierart durch Ändern des Mischungsverhältnisses (Gemisch- oder Qualitätsregulierung) kann ausgeführt werden:

1. Durch eine Drosselklappe oder einen Ringschieber in der Brennstoffdampfleitung dicht vor dem Einlaßventil.
2. Durch Ändern des Brennstoffventilhubes oder des Brennstoffpumpenhubes. Diese für Automobilmotoren mehrfach verwendete Ausführungsart läßt sich am billigsten herstellen, ergibt aber bei niedrigem Verdichtungsdruck für geringe Belastungen ungünstigen Brennstoffverbrauch, und die Regelmäßigkeit der Zündung beim Leergang läßt zu wünschen übrig.
3. Durch Ändern der angesaugten Luftmenge mit Hilfe selbsttätiger oder von Hand bewegter Organe, z. B. der Zunge, wie sie beim Gemischbilder der Daimler-Motorengesellschaft beschrieben wurde.
4. Durch Teilen der angesaugten Luftmenge in Zerstäuber- und Zusatzluft, wie sie bei den Gemischbildern der Adler-Fahrradwerke und dem des Konstrukteurs Clément beschrieben wurde.

d) Die Regulierart durch Verlegen des Zündzeitpunktes kann nur mit elektrischer Zündung ausgeführt werden:

1. Bei »Kerzenzündung« Hochspannungszündung durch Verdrehen der Kontaktscheibe auf der Steuerwelle.
2. Bei Abreißzündung durch gleichzeitige Verlegung des Abreißzeitpunktes und entsprechende Verdrehung des Ankers oder der Polschuhe. Näheres hierüber bei Besprechung der Zündungen.

Die Verlegung des Zündzeitpunktes bei Benutzung von Abreißzündungen bedingt verwickelte teure Einrichtungen, dennoch kommt sie immer mehr in Aufnahme, namentlich an den größeren Automobilmotoren — für ortsfeste Motoren ist sie schon lange in Benutzung — es wird aber noch immer an ihrer Vereinfachung gearbeitet.

Aus dieser Aufzählung ersieht man, daß kein Mangel an Regulierarten herrscht; im Interesse der leichten Wartung der verschiedenen Motoren wäre es aber wünschenswert, wenn recht bald eine größere Einheitlichkeit in der Regulierung von Verbrennungsmotoren eintreten wollte.

Für die »Aussetzerregulierungen«, bei denen Ventile außer Tätigkeit zu setzen sind oder in geöffneter Stellung gehalten werden

müssen, eignen sich am besten die »Pendelregulatoren« oder auch das streifende Schwunggewicht, weil sie mit Sicherheit zu der gegebenen Zeit in Wirkung treten.

Für die Regulierarten durch Änderung der Füllung oder Mischung, bei denen Drosselorgane in bestimmter Stellung zu erhalten sind, eignen sich nur die allbekannten »Zentrifugal-Regulatoren«. Von ihnen ist dann aber zu fordern, daß sie sich auch in Wirklichkeit für eine bestimmte Stellung sicher »einstellen« und nicht von einer Endstellung in die andere fliegen. So mangelhaft konstruierte Regulatoren verdienen überhaupt nicht den Namen Regulator, sie verhindern nur das »Durchgehen« des Motors.

Das »Einstellen« eines Zentrifugalregulators wird nur dadurch möglich, daß ein geringer Unterschied der Umdrehungszahl für den Vollgang und Leergang — der Ungleichförmigkeitsgrad — zugelassen wird. Das Schwungrad muß aber so schwer sein, daß die sich aus dem einzelnen Krafthub ergebende Beschleunigung nicht gleich groß oder gar größer wie der Ungleichförmigkeitsgrad des Regulators ist. Auch der bestkonstruierte Regulator kann sich dann nicht einstellen, sondern wird bei jedem Krafthub von einer Endstellung in die andere geworfen, sobald die Umdrehungszahl des Motors sich der normalen nähert.

Die Geschwindigkeitsregulatoren sollte man immer so ausführen, daß sich die Umdrehungsgeschwindigkeit während des Ganges von Hand ändern läßt. Bei Automobilmotoren ist meistens eine Hand- und eine selbsttätige Regulierung vorhanden; beide sind dann aber ganz unabhängig voneinander und hat der selbsttätige Regulator nur den Zweck, ein Durchgehen des Motors zu verhindern.

In den Fig. 62 bis 65 sind verschiedene Ausführungsarten von Pendel- und Zentrifugalregulatoren dargestellt.

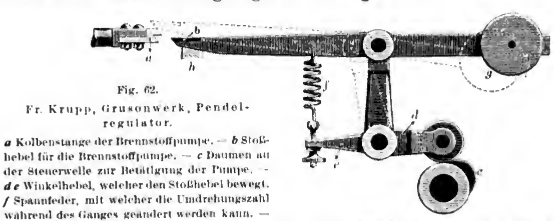


Fig. 62.

Fr. Krupp, Grusonwerk, Pendelregulator.

a Kolbenstange der Brennstoffpumpe. — *b* Stoßhebel für die Brennstoffpumpe. — *c* Daumen an der Steuerwelle zur Betätigung der Pumpe. — *d e* Winkelhebel, welcher den Stoßhebel bewegt. *f* Spannfeder, mit welcher die Umdrehungszahl während des Ganges geändert werden kann. — *h* Schräge Fläche, auf welcher der Stoßhebel ruht, durch deren Einwirkung er bei zu großer Geschwindigkeit hoch geworfen wird und dann den Brennstoffkolben nicht trifft. — *g* Verstellbares Pendelgewicht, durch welches der Stoßhebel seine Beschleunigung nach oben erhält.

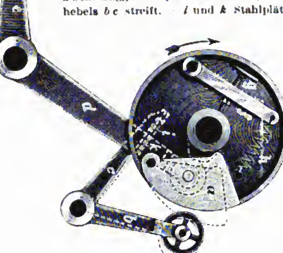


Fig. 63.

Körtings Schwunggewichts-Regulator.

a Schwunggewicht, welches bei zu großer Geschwindigkeit die Rolle des Winkelhebels *b c* streift. — *i* und *k* Stahlplättchen, welche hintereinander fassen, wenn der Winkelhebel durch das Gewicht *a* zur Seite gedrückt wird und in dieser Stellung den Hebel *d c* festhalten. — *e d* Steuerhebel für das Auslaßventil, welcher durch den punktierten Daumen bewegt wird. — *h* In ihrer Spannung verstellbare Feder, welche das Schwunggewicht zurückzieht. — *f g* Einrichtung zum Verstellen der Federspannung zwecks Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit.

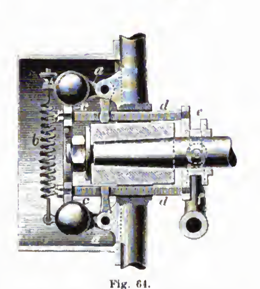


Fig. 64.

Zentrifugalregulator der Daimler-Motorengesellschaft.

a a Schwunggewichte mit angegossenem Winkelhebel. — *b* In ihrer Spannung verstellbare Spannfeder, welche die Schwunggewichte zurückzieht. — *c* Anschlag für die Schwunggewichte und Verbindungsstück für die Führungsstangen *d d*, welche den Schleifring *e* bewegen. — *f* Hebel, von dem die Gemischdrosselklappe oder ein anderes Regulierorgan bewegt wird.

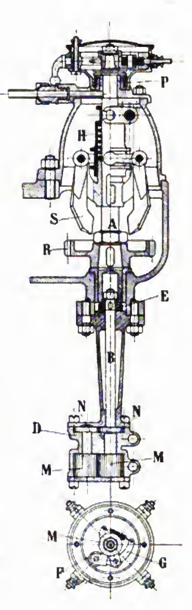


Fig. 65.

Zentrifugalregulator der Adler-Fahrradwerke.

S Schwunggewichte (vier Stück). — *A* Regulatorachse. — *R* Zahnrad für den Antrieb des Regulators von der Steuerwelle aus. — *H* Hülse mit Schleifring, auf welche die Winkelhebel der Schwunggewichte wirken, in deren Innern die Druckfeder liegt, welche die Gewichte nach unten zieht. Die anderen Buchstaben beziehen sich auf die Zündung.

Anlaßvorrichtungen.

Eine der größten Schattenseiten der Verbrennungsmotoren ist, daß sie nicht, wie die Dampfmaschinen und Elektromotoren, selbsttätig angehen. Nur die kleinen Motoren kann man ohne weiteres »von Hand« andrehen. Bei langsam laufenden ortsfesten Motoren über 2 PS macht sich die Überwindung der »Kompression« aber schon als ein so bedeutender Widerstand bemerkbar, daß er von einem Mann nur schwer zu bewältigen ist, und werden schon hier jene Erleichterungsvorrichtungen angebracht, welche als »Anlaßventile« und als »Kompressionsentlastungen« bekannt sind.

Das Anlaßventil ist ein feststellbares Rückschlagventil, welches an einer bestimmten Stelle in die Zylinderwand eingeschraubt wird. Es wirkt in der Weise, daß der Teil der Ladung, welcher den Zylinderraum vom Anfang des Hubes bis zur Befestigungsstelle des Ventiles erfüllt, durch letzteres entweichen kann und nur der verbleibende Rest zur Verdichtung gelangt. Dementsprechend wird auch der Widerstand beim Andrehen vermindert. Hat sich der regelmäßige Gang der Maschine eingestellt, so wird das Anlaßventil fest heruntergeschraubt und der gesamte Zylinderinhalt kommt nun zur Verdichtung.

Die »Kompressionsentlastung« besteht in einer Einrichtung, durch welche das Auslaßventil befähigt wird, auch als Anlaßventil zu wirken. Gewöhnlich sitzt hierbei auf der Daumenscheibe außer dem Auslaßdaumen noch ein zweiter kurzer Daumen, welcher das Auslaßventil auch zu Beginn der Kompressionsperiode für kurze Zeit anhebt und einen Teil des Gemisches ins Freie treten läßt, so daß nur der Rest zur Verdichtung gelangt und der hiermit verbundene Widerstand leicht von Hand überwunden werden kann. Der kurze Daumen ist nun erheblich schmaler wie der eigentliche Auslaßdaumen und kann man durch Verschiebung der Laufrolle auf dem Steuerhebel entweder beide oder nur den Auslaßdaumen allein in Tätigkeit versetzen.

Eine weitere Art von Erleichterungsvorrichtungen für das Anlassen kleiner Motoren ist die sog. »Anlaßkurbel«, welche sich namentlich bei den Automobil- und Bootsmotoren eingebürgert hat. Diese Motoren sind mit so kleinen Schwungrädern ausgerüstet, daß man durch Nachgreifen am Schwungradkranz, wie das sonst bei den Kleinmotoren üblich ist, das Anlassen nicht bewirken kann. Zum Andrehen wird hier eine Handkurbel benutzt, welche auf

die verlängerte Kurbelwelle zu stecken ist und das dicht daneben liegende Schwungrad durch Sperrzähne mitnimmt. Zum Andrehen bringt man die Sperrzähne in Eingriff und dreht nun das Schwungrad herum; sobald sich der Motor in Gang gesetzt hat und schneller läuft, wie man mit der Kurbel nachfolgen kann, wird diese durch

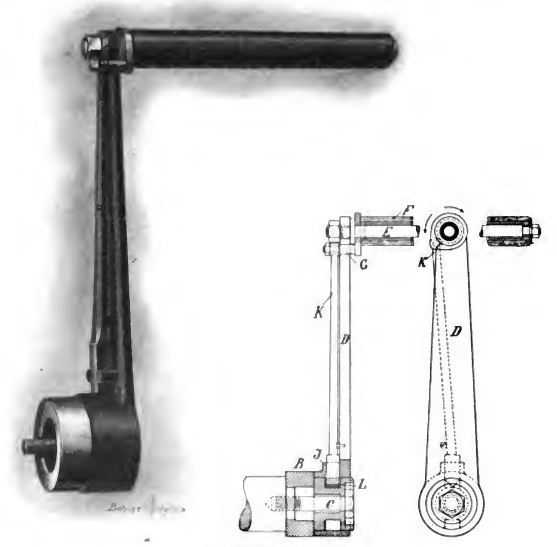


Fig. 66 und 66a.

Sicherheitskurbel der Apparatebauanstalt Fischer.

Die Schrägen der Flächen am Sperrzahn *L* des Riegels *K* sind so gewählt, daß die Kurbelachse des Motors nur dann mitgenommen wird, wenn der Riegel mit einer gewissen Kraft in den Schlitz hineingedrückt wird. Dieser Druck wird bei der Kurbel selbsttätig durch die Hände des Drehenden am Handgriff *F* erzeugt. Kommt es zu einer Vorzündung, so wird der Sperrzahn *L* durch den verstärkten Druck aus dem Schlitz herausgedrängt. Die Andrehkurbel ist dann sofort außer fester Verbindung mit der Motorenachse, und man empfindet den Rückschlag nur als ein kurzes Vordrehen der Hände.

B Mitnehmerkappe. — *D* Kurbelarm. — *K* Riegelzapfen des Kurbelhandgriffs. — *F* Kurbelhandgriff. — *G* Zapfen, welcher den Kurbelgriff mit der Riegelstange *K* verbindet. — *K* Riegelstange mit dem Sperrzahn *L*. — *J* Führung des Sperrzahnes. — *C* Schraube zur Befestigung der Mitnehmerkappe.

die schrägen Flächen der Sperrzähne selbsttätig aus der Eingriffsstellung geschoben, nimmt nicht mehr an der Drehung teil und kann ohne Gefahr abgezogen werden. Bei den Automobilen wird die Kurbel durch eine Spiralfeder auf dem Ende der Kurbelachse außer Eingriff gehalten.

Die Benutzung der Anlaßkurbel birgt Gefahren in sich, namentlich bei Motoren, die mit ungesteuerter Glührohrzündung arbeiten und auch dann, wenn vergessen wurde, bei elektrischer Zündung diese auf Spätwirkung zu stellen. In beiden Fällen kann die Zündung zu früh erfolgen und das Schwungrad nach rückwärts getrieben werden; die Anlaßkurbel kommt dann nicht außer Eingriff und kann den Andrehenden schwer verletzen. Je leichter die Schwungmassen der Motoren sind, um so gefährlicher wirkt die zurückschlagende Kurbel; es sind also namentlich die schnelllaufenden Automobil- und Bootsmotoren, bei denen man sich vorzusehen hat. Zahlreiche Armbrüche und Verstauchungen des Handgelenkes, die durch Benutzung der Anlaßkurbel entstanden sind, haben dazu geführt, sog. »Sicherheitskurbeln« zu konstruieren, welche selbsttätig außer Eingriff mit den Sperrzähnen kommen, falls beim Andrehen Vorzündung eintritt.

In Fig. 66 und 66a ist eine Sicherheitskurbel dargestellt, wie sie von der Apparatebauanstalt Fischer, G. m. b. H., in Frankfurt a. M.-Oberrad, ausgeführt wird.

Das Zylinderschmieröl.

Die Schmierung des Zylinders und Kolbens vollzieht sich bei den Verbrennungsmotoren unter viel ungünstigeren Verhältnissen wie bei der Dampfmaschine. Nicht allein, daß die Temperatur der Zylindergleitflächen viel höher ist, es kommt auch hinzu, daß das Innere des Zylinders bei jeder Saugperiode mit der äußeren Luft in Verbindung tritt, die immer Staub enthält, der auf die ölbedeckten Flächen des Zylinders prallt, hier festklebt und als Schleifmittel wirkt.

Am schlechtesten sind in dieser Beziehung die Automobilmotoren daran, bei denen trotz aller Schutzmittel der Straßenstaub außerordentlich abnutzend wirkt. Es gibt aber auch viele ortsfeste Motoren, die ihre Betriebsluft aus stauberfüllten Räumen entnehmen und deren Zylinder oft schon nach Jahresfrist so stark abgenutzt sind, daß sie nachgebohrt werden müssen. Aus diesem Grunde müssen die Kolben der Verbrennungsmotoren viel länger gemacht werden wie die der Dampfmaschinen, auch dann, wenn äußere Kreuzkopfführung vorhanden ist.

Unter günstigen Verhältnissen kann man die Gebrauchsdauer des Zylinders und Kolbens eines gut bedienten Verbrennungsmotors auf zehn Jahre annehmen. Dabei ist eine ortsfeste Maschine bester Konstruktion vorausgesetzt, die höchstens 250 Umdrehungen pro Minute macht und täglich nicht mehr wie zehn Stunden benutzt wird. Die anderen Hauptteile des Motors haben eine längere Dauer. Je größer die Umdrehungszahl eines Motors ist, um so kürzer wird seine Gebrauchsdauer sein. Der Zylinder eines Automobilmotors, der mit 800 oder 1000 Umdrehungen arbeitet und täglich zehn Stunden mit Vollast benutzt wird, hält jedenfalls nicht zehn Jahre; man kann zufrieden sein, wenn er zwei oder drei Jahre seinen Dienst tut. Den Haupteinfluß auf lange Erhaltung des Zylinders und Kolbens hat aber die Qualität des Schmieröls und das rechte Maß der Schmierung. Es gibt Öle, bei denen zu reichliche Schmierung fast ebenso schädlich ist wie zu geringe.

Für die Prüfung des Zylinderöles auf seine Brauchbarkeit und für das rechte Maß der Ölzuführung können folgende Anhaltspunkte dienen:

1. Zieht man den Kolben aus dem betriebswarmen Motor heraus, so soll sich Zylinder und Kolbenlauffläche mit einer gleichmäßig dünnen Ölschicht überzogen zeigen.
2. Diese Ölschicht muß die blanke Metallfläche deutlich durchschimmern lassen und darf nicht braun oder schwarz auf dem Finger abfärben.
3. In den Ventilgehäusen, an den Ventilköpfen und am Kolbenboden sollen sich keine zu starken Ansätze von »Ölkohle« zeigen.
4. Während des Betriebes soll aus der Zylindermündung nicht ein schwarzbrauner Brei heraustreten.

Aus dem Gesagten folgt, daß die Brauchbarkeit eines Zylinderöles nur durch Versuche am Motor selbst festgestellt werden kann. Die Öle tierischen oder pflanzlichen Ursprungs, wie sie früher ausschließlich zum Schmieren der Maschinen benutzt wurden, zersetzen sich oder verkohlen schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur und können für sich allein nicht zum Schmieren von Verbrennungsmotoren benutzt werden. Erst nachdem man anfangs der siebziger Jahre gelernt hatte, die sog. Mineralschmieröle aus dem Rohpetroleum zu destillieren, war das richtige Zylinderöl für Verbrennungsmotoren gefunden und gelang es überhaupt erst, diese Maschinen auf die Dauer sicher zu betreiben.

Gute Mineralschmieröle sind reine Destillationsprodukte, deren Gewinnungstemperaturen bei 300° liegen. Die bei niedrigeren Temperaturen gewonnenen Öle haben geringeres spezifisches Gewicht wie die, welche bei höheren destilliert werden, und unterscheidet man in dieser Beziehung leichte und schwere Öle. Je nach der Größe des Motors, je nach dem Verdichtungsgrad und der Länge des Kolbens wird man verschiedene schwere Öle verwenden müssen. Am vorteilhaftesten wird es sein, wenn sich auf der Zylinderlauffläche eine Ölschicht von der Dicke erhält, wie sie für den guten Schmierzustand gerade ausreicht, die neu zufließende Ölmenge muß dann so groß sein, daß das im Innern verdampfende Öl eben ersetzt wird.

Die im Zylinder gebildeten Öldämpfe mischen sich dann mit dem Brennstoff-Luftgemisch, verbrennen mit diesem und werden für die Krafterzeugung nutzbar gemacht. Bei einer so sorgfältig ausprobierten Schmierung bleiben die Innenräume der Motoren vollkommen rein. Selbstverständlich hält dieser ideale Zustand nur so lange vor, wie mit derselben Ölqualität und derselben Quantität geschmiert wird, und der Motor wird Schaden leiden, wenn in dieser Beziehung etwas geändert wird.

Ist das Öl zu leicht, so genügt das zugeführte Quantum nicht, es verdampft zu schnell, der Zylinder wird hinten trocken und nutzt sich schnell ab. Ist das neue Öl schwerer, so verdampft weniger und die bestehende Ölschicht im Zylinder wird zu dick. Es bilden sich nun, ähnlich wie dies bei den mit Gemischbildung arbeitenden Petroleummotoren schon beschrieben ist, Öldämpfe, welche nicht mehr alle an der Verbrennung teilnehmen können, so daß sie Ruß und Ölkoks abscheiden, welche auf der Ölhaut an den Zylinderwandungen haften bleiben, als Schleifmittel wirken und die Laufflächen schnell abnutzen. Zu ändern ist dieser Zustand meistenteils dadurch, daß **weniger** geschmiert wird. Man wird dann bemerken, daß der bei zu starker Schmierung aus der Zylinderöffnung herausfließende schwarzbraune Brei verschwindet und die braune Farbe der Zylinderlauffläche nach und nach wieder dem blanken Metall weicht, ohne daß die Ölhaut ganz verschwindet oder der Motor an Kraft nachließe.

Da vom Motorenwärter oder Besitzer nicht zu verlangen ist, daß er jede neue Ölsendung auf ihre Qualität prüfen und das rechte Maß der Schmierung ermitteln könne, so sind viele Motorenfabrikanten dazu übergegangen, die Zylinderöle selbst auszuprobieren

und so zu mischen, daß ihre Motore bzw. die zugehörigen Schmierapparate, welche immer dieselben Ölmengen fördern, stets richtig arbeiten. Die Fabrikanten liefern diese ausprobierten Öle meistens zu den gleichen Preisen wie die Händler. Für die oberflächliche Untersuchung gibt hauptsächlich das spezifische Gewicht den Ausschlag. Die spezifischen Gewichte der Zylinderöle liegen zwischen den Grenzen 0,900 und 0,960 und werden am genauesten mit Hilfe eines Aräometers für Gewichte von 0,70 bis 1,00 bestimmt. Auch durch Wiegen eines mit dem Öl gefüllten Litermaßes kann man das spezifische Gewicht leicht ermitteln.

Die Säurefreiheit des Öls prüft man durch Lakmuspapier. Blaues Lakmuspapier wird durch säurehaltiges Öl rot gefärbt. Die Untersuchung des abfließenden Öls auf Gehalt an abgeschliffenen Eisenteilchen erfolgt in der Weise, daß man den abfließenden Ölbrei in Benzin löst, filtriert und mehrfach mit Benzin auf dem Filter auswäscht. Durch Glühen des auf dem Papier bleibenden Pulvers bei Luftzutritt kann man alle Ruß- und Koksteilchen verbrennen. Der dann noch verbleibende Rest wird aus Eisen- und Rostpulver bestehen. Mit einem Magneten kann man den Gehalt an metallischen Eisenteilchen leicht sichtbar machen.

Die Zylinderschmierapparate.

Ein guter Zylinderschmierapparat muß die Ölzuführung bei Ingangsetzung des Motors selbsttätig beginnen und beim Anhalten auch selbsttätig abstellen. Das geförderte Ölquantum soll stets beobachtet werden können. Einfache Öltropfapparate mit veränderlichem Stand des Ölvorrates sind unzuverlässig, da die Zahl der Tropfen mit sinkendem Ölstand sehr erheblich abnimmt und die Apparate bei kaltem Öl auch viel schwächer tropfen wie bei warmem, dünnflüssigem.

Bei guten Motoren haben die Zylinderschmierapparate die Form von Schöpfwerken oder Druckpumpen, welche von der Steuerwelle angetrieben werden und dem Schmierort stets gleichmäßige Ölmengen zuführen. Für lange Kolben und hohe Verdichtungsgrade, wie sie heute meist üblich sind, empfehlen sich Pumpen, welche das Öl in die Fuge zwischen Zylinder und Kolben hineinpressen. Auch für größere Automobilmotoren haben sie sich eingeführt. Bei Anwendung dieser Druckschmierung kann die Ölzuführungsstelle im Zylinder mehr nach hinten gelegt werden, der Ölkanal kann da münden, wo bei ausgeschobenem Kolben etwa der drittletzte Ring steht. Das Öl soll auf den Kolben gepreßt werden,



Fig. 67.

Ölschöpfwerk der Gasmotorenfabrik Deutz.

i Schnurscheibe, angetrieben von der Steuerwelle. — *m* Ölhebende Drahtenden, welche das Öl in der Fangschale abstreifen.

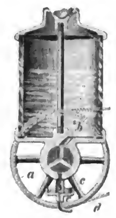


Fig. 68.

Zylinderschmierapparat von Gebr. Körting.

a Schnurscheibe, angetrieben von der Steuerwelle. — *b* Zuflußkanal nach dem Ölverteiler *c*. — *e* Fangschale, in welche das geförderte Öl sichtbar hineintropft. *d* Treibschnur.

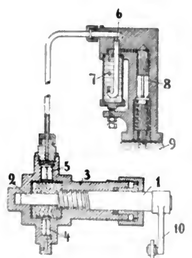


Fig. 69.

Öldruckpumpe der Gasmotorenfabrik Deutz.

1 und *2* Pumpenkolben, welcher durch Auf- und Abschwingen des Hebels *10* mit Hilfe des Gewindes *3* hin und her bewegt wird. — *4* Saugventil. — *5* Druckventil. — *6* Austrittsrohr für das gepreßte Öl. — *7* Glasrohr, gefüllt mit Salzwasser, in dem die von der Pumpe geförderten Öltropfen hochsteigen. — *8* Rückschlagventil, welches den Eintritt von Verbrennungsgasen in die Ölleitung hindert. — *9* Stutzen am Arbeitszylinder, in dem der Schmierapparat befestigt wird. — *10* Hebel mit Rolle, welcher von der Steuerwelle aus betätigt wird.



Fig. 70.

Schmierpumpe von Blanke & Rast in Leipzig-Plagwitz.

Der Glasbehälter steht nicht unter Druck und kann jederzeit während des Betriebes gefüllt werden. Die geforderte Ölmenge kann durch Verstellen der Schraube auf dem Pleuelkopf verändert werden.



Fig. 71.

Ölverteiler für Druckschmierung von Blanke & Rast.



Fig. 70.

wenn er die Stellungen vor der Öleintrittsöffnung mit seinen Ringen einnimmt. Läßt man das Öl ohne Druck auf den Kolben tropfen, so hat der Ölkanal weiter vorn zu münden, und zwar bei ausgeschobenem Kolben auf der vorderen Kolbenhälfte. Andernfalls läuft man Gefahr, daß das Öl bei undicht werdendem Kolben in den Behälter zurückgeblasen wird.

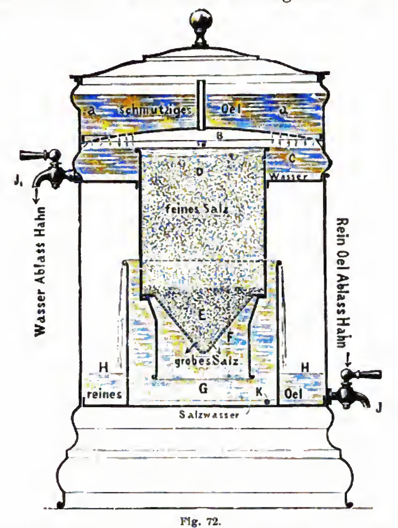


Fig. 72.

Ölreinigungsapparat mit Salzfilter von Blanke & Rast in Leipzig-Plagwitz. D. R. G. M.

Durch den Salzfilter wird das Öl von Schmutzteilen und von seinem Wassergehalt befreit. Durch die Hähne *J* und *K* wird das abgeschiedene Wasser abgelassen.

In den vorstehenden Fig. 67 bis 71 sind verschiedene Schmierapparte dargestellt.

Das von den Lagern und anderen Schmierorten ablaufende Öl ist nicht wertlos, es muß aufgefangen werden und kann durch Filtration immer wieder verwendbar gemacht werden. In Fig. 72 ist ein Ölfiltrierapparat dargestellt.

Fünfter Abschnitt.

Die Zündvorrichtungen der Petroleum- und Benzinmotoren.

Allgemeines.

Der eigenartigste Teil der Petroleum- und Benzinmotoren ist die »Zündung«; mit ihr wird die Zündwärme rechtzeitig in das Innere des Verbrennungsraumes hineingetragen. Als Träger der Zündwärme sind im Gebrauch:

1. Brennende Gase.
2. Glühende feste Körper.
3. Der elektrische Funke.
4. Durch hohe Verdichtung erhitzte Luft.

Die ältesten Zündarten sind die durch den elektrischen Funken und die durch brennende Gase. Während sich bei den Gasmaschinen die Zündung durch brennende Gase bis Mitte der achtziger Jahre allgemeiner Anwendung erfreute, ist sie für Petroleum- und Benzinmotoren überhaupt nicht zur Anwendung gelangt, weil bei diesen Maschinen das Gas zur Bildung geeigneter Flammen fehlt.

Zu einem eigentlichen Aufschwung der mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Motoren ist es erst gekommen, nachdem man gelernt hatte, glühende feste Korper zur Zündung zu benutzen, nachdem durch Daimler die selbsttätige Glührohrzündung erfunden war. Aber auch diese Zündart hatte ihre Schwächen, sie forderte, soweit Benzin und ähnliche Brennstoffe benutzt wurden, das ständige Brennen einer Heizlampe, die mit dem gleichen flüssigen Brennstoff zu speisen war. Solche Heizlampen sind feuergefährlich, und keineswegs als zuverlässige und betriebssichere Einrichtungen zu bezeichnen; sie bedürfen ständiger Aufsicht und setzen für ihre Bedienung Übung voraus.

Neben diesen Mängeln praktischer Natur zeigt aber auch das Prinzip der Glührohrzündung eine Unvollkommenheit, die darin besteht, daß man den Zeitpunkt der Zündung nicht beherrschen kann. Es ist wohl möglich, durch eine gesteuerte Glührohrzündung den Zündzeitpunkt so weit zu verzögern, daß die Zündung nach dem Totpunkt eintritt, es gibt aber kein Mittel, sie nach Belieben vor dem Totpunkt eintreten zu lassen. Diese Unvollkommenheit machte sich namentlich bei den schnellaufenden Automobilmotoren fühlbar, denn hier ist ein frühzeitiges Einsetzen der

Verbrennung für das Herausholen der größten Kraft unbedingt notwendig. So kam es dann, daß man wieder auf die fast vergessene elektrische Zündung zurückgriff; sie bot Gelegenheit, zu jeder beliebigen Zeit und an jedem beliebigen Ort des Verbrennungsraumes zu zünden, sie war sofort dienstbereit, erhöhte also die Betriebsbereitschaft, und, was von großer praktischer Bedeutung war, sie erforderte keine Schieber, keine Ventile oder andere empfindliche Abschlußorgane und konnte, wenn es darauf ankam, ohne jede äußere Flammen- oder Funkenbildung wirken. Hiernach sollte man meinen, der elektrische Funke sei das Ideal der Zündmittel, leider ist das aber nicht der Fall. So sehr man sich auch bemüht hat, die elektrische Zündung zu vereinfachen und zu verbessern, kann man bis heute doch noch nicht sagen, daß sie den Anforderungen genügte, welche man bezüglich der Betriebssicherheit und namentlich der Einfachheit an einen Motor zu stellen berechtigt ist.

Im Gebrauch sind bei den Petroleum- und Benzinmotoren die Glührohrzündung, die elektrische Zündung und die durch hochverdichtete Betriebsluft.

Die Glührohrzündung.

Als Erfinder des selbsttätig wirkenden Zündrohres ist, wie erwähnt, der im Jahre 1899 verstorbene Ingenieur Daimler, der Begründer der Automobil- und Motorenfabrik »Daimler-Motorengesellschaft«, zu bezeichnen. Zwar war schon im Jahre 1879 von Leo Funk ein Patent auf ein Zündrohr genommen. Die Wirkung dieses Rohres war aber nicht eine selbsttätige, vielmehr wurde das Rohrinnere mit dem Laderaum erst im Zündzeitpunkt durch einen gesteuerten Schieber in Verbindung gebracht. Das Charakteristische des selbsttätigen Zündrohres ist aber die dauernd offene Verbindung des Rohrinnern mit dem Laderaum. Trotzdem war aber auch die Funksche Erfindung als wertvoll zu bezeichnen, sie ist Ende der achtziger und anfangs der neunziger Jahre vielfach als gesteuerte Glührohrzündung ausgeführt worden; nicht allein um das bis zum Jahre 1898 gültige Daimlersche Patent zu umgehen, sondern auch um das Anlassen größerer Motoren zu erleichtern, denn mit der Hand angedreht treten hier häufig vorzeitige Zündungen auf, da man dem Schwungrad nicht gleich die nötige Geschwindigkeit erteilen kann, um die rechtzeitige Wirkung des Zündrohres herbeizuführen.

Die große Einfachheit des Daimlerschen Zündrohres war die Ursache, daß diese Zündung von sehr vielen Fabrikanten lange vor Ablauf des Patentes benutzt wurde, ohne daß sie sich einer Verletzung der Daimlerschen Rechte bewußt waren. Erst in den letzten Jahren des Bestehens seines Patentes hat Daimler diesen Eingriffen gegenüber seine Rechte mit Erfolg geltend gemacht.

Fig. 73 stellt das Zündrohr im Zusammenhang mit dem Verbrennungsraum dar, es ist in der Nähe des Einlaßventils *b* angebracht, also dort, wo nach beendigter Ladungsaufnahme mit Sicherheit auf das Vorhandensein zündbaren Gemisches gerechnet werden kann. Durch die sackgassenartige Form des Rohres wird bewirkt, daß sein Innenraum während der Einnahme neuer Ladung nicht mit zündbarem Gemisch in Berührung kommt, sondern mit Verbrennungsprodukten erfüllt bleibt. Erst während der Verdichtungsperiode dringt das vor der Mündung im Innern des Ventilationsraumes lagernde »frische Gemisch« in das Innere des Rohres und preßt die dort befindlichen Verbrennungsprodukte mehr und mehr nach dem erhitzten Ende zusammen, so daß sie, bei der »Glühzone« angekommen, sich entzünden können. Man sollte nun meinen, die eingeleitete Verbrennung würde sich jetzt unmittelbar der im Verbrennungsraum stehenden Ladung mitteilen, das ist aber nicht der Fall, es zeigt sich vielmehr, daß die Zündung erst bei beendigter Verdichtung oder kurz zuvor erfolgt. Hierdurch charakterisiert sich das Wesen des Daimlerschen Zündrohres. Die volle Umdrehungsgeschwindigkeit vorausgesetzt, verharrt die Flamme so lange im Rohr, bis es Zeit zum Zünden ist.

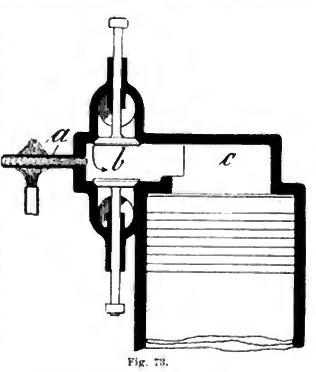


Fig. 73.

Sobald sich nämlich im Rohr bei der Glühzone die Flamme gebildet hat, ist die entzündete Schicht der Einwirkung zweier Kräfte unterworfen, die eine ist die Energie, mit welcher sich die

Entzündung von Brennstoffteilchen zu Brennstoffteilchen nach rückwärts fortpflanzen will, die andere die Energie, mit welcher die Verdichtung das Gemisch hineindrängt. So lange nun letztere größer wie die Energie des Brennens ist, bleibt die brennende Schicht im Rohr, und erst wenn sich der Kolben dem Totpunkte nähert und die Schnelligkeit, mit der sich die Verdichtung steigert, abnimmt, beginnt die brennende Schicht nach dem Laderaum zu eilen, um schließlich, sehr nahe dem Totpunkt, die Entzündung zu vermitteln. Je nach der Länge des Zündrohres und der Lage der Glühzone wird die Zündzeit etwas schwanken.

Vorausgesetzt für die rechtzeitige und regelmäßige Zündung ist, daß das Zündrohr eine gewisse Weite nicht überschreite, damit das Eindringen des Gemisches im vollen Querschnitt erfolge. Ist das Rohr zu weit, so bilden sich Wirbel und Gegenströmungen, der Zündzeitpunkt schwankt hin und her, der Motor stößt zeitweise, und namentlich beim Anlassen kommt die Zündung oft zu früh.

Das kolbenartige, den ganzen Querschnitt ausfüllende Vordringen des Gemisches im Rohr ist von grossem Einfluß auf die Rechtzeitigkeit der Zündung. Das stehend angeordnete Rohr wirkt daher besser wie das liegende. Als Herstellungsmaterialien für das Zündrohr sind im Gebrauch: Porzellan, Platin und Nickel.

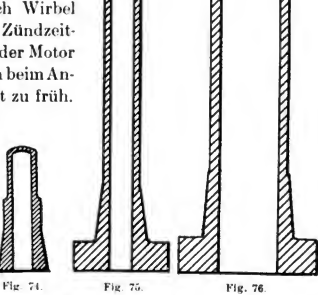


Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76.

Porzellan hat die gute Eigenschaft, schnell die Glühhitze anzunehmen und lange zu bewahren, es widersteht den chemischen Einwirkungen der Heizflamme und ist sehr billig. Dagegen ist es leicht zerbrechlich und zerspringt, wenn man Wasser von innnen oder außen gegen die glühende Wandung spritzt. Das Platin ist widerstandsfähiger gegen mechanische Einwirkungen, aber sehr teuer, es fand nur für Wagen- und Bootsmotoren Anwendung. Nickel widersteht den Einwirkungen der Flamme nicht so gut wie

Platin, man muß es erheblich dickwandiger machen. Heute sind nur noch Porzellan- und Nickelrohre im Gebrauch, den ersteren gibt man der Haltbarkeit wegen häufig einen Metallfuß. Fig. 74 bis 76 zeigen Porzellanzündrohre von gebräuchlichen Abmessungen.

Die elektrische Zündung.

So einfach und billig auch die Glührohrzündung ist, die Feuergefährlichkeit der Heizlampe und die Unmöglichkeit, den Zündzeitpunkt in weiten Grenzen verlegen zu können, haben doch verhältnismäßig schnell dazu geführt, sich wieder dem elektrischen Funken zuzuwenden, der bekanntlich schon anfangs der sechziger Jahre von Lenoir als Zündmittel für seine Gasmaschine benutzt wurde.

Zu jener Zeit waren es die Unvollkommenheiten der zur Stromerzeugung und Funkenbildung dienenden Apparate, welche diese Zündart in Mißkredit gebracht hatten. Sobald die Elektrotechnik in dieser Hinsicht Vollkommeneres bot, treten auch wieder Bestrebungen auf, den elektrischen Funken dem Verbrennungsmotor dienstbar zu machen.

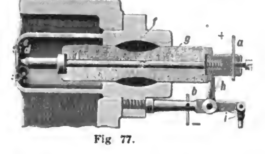


Fig. 77.

Schon wenige Jahre nach Erfindung der Dynamomaschine sehen wir diesen neuen Stromerzeuger bei den alten ortsfesten Benzschen Zweitaktmotoren im Gebrauch. Mittels einer Treibschnur wurde hier vom Schwungrad aus eine kleine Dynamomaschine angetrieben, der erzeugte Strom einem Funkeninduktor zugeführt und die hier gebildeten hochgespannten Ströme zur Bildung der zündenden Funken benutzt.

Wie aus Fig. 77 ersichtlich, trat der vom Induktor kommende Strom von *a* mittels des Stiftes *c* durch die isolierende Porzellanhülse *g* in das Innere des Verbrennungsraumes, hier übersprang er als Funkenschar die Räume zwischen den Spitzen *de* und nahm dann seinen Rückweg durch die leitende Wand des Verbrennungsraumes und den Draht *b*.

Dynamo und Induktor waren unausgesetzt in Tätigkeit, der Strom zirkulierte also nicht nur zur Zeit der Zündung, sondern auch außer der Zündzeit und mußte ihm hierfür ein anderer Weg angewiesen werden. Dieser Nebenweg führte durch den Winkelhebel *h i*, so lange der Arm *h* mit dem Stift *c* in leitender Verbindung stand. Zur Zündzeit wurde dann der Winkelhebel *h i* in die punk-

tierte Lage gebracht. Der Funke zwischen *a* und *e* sprang in dem Augenblick über, wo der Abstand zwischen *h* und seiner leitenden Auflage größer wie die Entfernung zwischen den Spitzen *e* und *d* wurde. Bei dieser Zündart fand also während des Abhebens des Armes *h* auch außerhalb des Verbrennungsraumes Funkenbildung statt.

Ein weiterer Schritt zur Vervollkommnung der elektrischen Zündung war es dann, als man an Stelle der dauernd betriebenen Dynamomaschine einen magnetelektrischen Stromerzeugungsapparat setzte, der nur im Zündzeitpunkt Strom erzeugte und dann gleich von solcher Stärke, daß der Induktionsapparat entbehrt werden konnte.

Nach Wissen des Verfassers sind diese »magnetelektrischen« Zündapparate zuerst im Jahre 1889 bei den Benzinmotoren der Gasmotorenfabrik Deutz verwandt worden und entstammten schon damals der Firma Robert Bosch in Stuttgart.

Neben der neuen Stromquelle gelangten bei dieser Zündung aber auch noch eine andere Art der Funkenbildung zur Einführung. Die Spannung des Stromes war nämlich nicht stark genug, um zwischen ruhenden Spitzen einen genügend starken Funken zu erzeugen, und man war dazu übergegangen, die anfangs zusammenstoßenden Spitzen im Augenblick der Stromerzeugung schnell voneinander zu entfernen, »abzureißen«. Es zeigte sich, daß der sonst kaum sichtbare Funke hierdurch ganz bedeutend in die Länge gezogen werden konnte. Trotz erheblich geringerer Stromspannung erhielt man so eine viel zuverlässigere Zündung wie mit hoher Spannung zwischen ruhenden Spitzen, und es war eigentlich die neue Art der Funkenbildung bedeutungsvoller wie die der Stromerzeugung.

In seiner Urform war übrigens der magnetelektrische Stromerzeuger schon längere Zeit bekannt. Es war der von Werner v. Siemens erfundene magnetelektrische Stromerzeuger mit **I**-Anker, welcher hier nutzbar gemacht wurde. Dieser Apparat besteht aus einem kräftigen, permanenten Hufeisenmagneten, zwischen dessen Schenkeln ein mit isolierten Drahtwindungen umgebener **I**-Anker drehbar gelagert ist. Wird der Anker gedreht, so zeigt sich, daß jedesmal, wenn die Drahtwindungen den Raum zwischen den Enden der Magnetschenkel durchkreisten, ein Strom in den Windungen entstand. Je schneller die Drehungen ausgeführt wurden, je stärker der Magnet war, um so stärker wurde der erzeugte Strom.

Führt man nun die Enden der Drahtspule als geschlossenen Leiter durch das Innere des Verbrennungsraumes, richtet die Drehbewegung des Ankers so ein, daß die Drahtwindungen im Zündzeitpunkt den Raum zwischen den Schenkelenden der Magneten — den Polen — schneiden, und unterbricht zu derselben Zeit die Stromleitung am Zündort, so kommt es hier zu der erwähnten kräftigen Funkenbildung, die um so kräftiger wird, je schneller die Unterbrechung erfolgt, man spricht daher hier vom »Abreißen« der Kontakte.

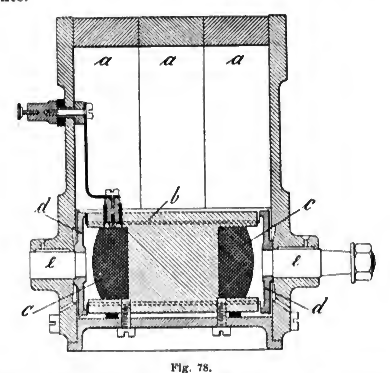


Fig. 78.

a Hufeisenmagnete. — *b* Doppel T-Anker. — *c* Drahtwindungen. — *d* Stirnwand des Polschuhrohres. — *e* Drehzapfen des Polschuhrohres.

Beide Bewegungen, die schnelle Drehung des Ankers und Unterbrechung der Stromleitung sollen nicht nur bei normaler Umdrehungsgeschwindigkeit, sondern auch bei den langsamen Drehungen, wie sie der ortsfeste Motor beim Anlassen macht, vorhanden sein. Daraus ergibt sich, daß die Zündorgane hier nicht direkt von der Steuerwelle aus zu betätigen sind, sondern daß andere Kräfte dazu herangezogen werden müssen, zu deren Erzeugung und Auslösung die Steuerwelle nur indirekt benutzt wird. Wie aus den in Fig. 78 und 79 dargestellten Beispielen dieser Zündart ersichtlich ist, werden kräftige Spiralfedern zur Bewegung der Anker verwendet, die von der Steuerwelle aus gespannt und im Zündzeitpunkt freigegeben werden.

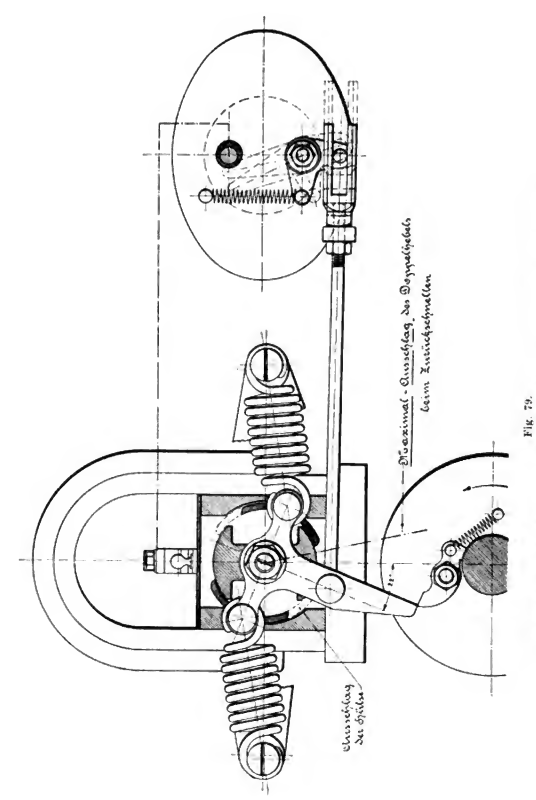


Fig. 79.
Magnetelektrische Zündung für ortsfeste Motoren von Robert Bosch in Stuttgart.

Bei den hin- und herschwingenden Bewegungen des schweren Ankers wirkt dessen erhebliches Trägheitsmoment schädigend auf die Lager. Die Bemühungen, den Apparat in dieser Beziehung zu verbessern, haben Bosch dazu geführt, zwischen Anker und den Magnetschenkeln leichte drehbare Rohrsegmente einzuschalten, sog. »Polschuhe«, und nicht den schweren Anker, sondern die leichten Polschuhe zu bewegen. Die Stromerzeugung wird dadurch nicht geschädigt, und es ist nicht nötig, die Stromabnahme durch Schleifkontakt zu bewirken, sondern sie kann direkt von den ruhenden Ankerdrähten erfolgen, wie aus Fig. 78 ersichtlich.

Für Fahrzeugmotoren, welche beim Anlassen so schnell von Hand gedreht werden können, daß sich genügend starke Funken bilden, braucht der Anker nicht in schwingende Bewegung versetzt werden, sondern kann durch Zahnräder oder Kette direkt von der Steuerwelle angetrieben werden.

Von großer Wichtigkeit bei der magnetelektrischen Zündung ist die Art der Einführung und Unterbrechung des Stromes. Der Vorzug, den die in Fig. 77 beschriebene Benzsche elektrische Zündung bot, nämlich die Einführung des Stromes in das Innere des Motors mittelst fest eingefügter Drähte, fällt bei der magnetelektrischen Zündung fort. Der Strom muß hier im Innern des Verbrennungsraumes unterbrochen werden, es sind wieder dichtend eingeführte bewegliche Organe nötig, die zu manchen Störungen Veranlassung geben, wie wir später bei Besprechung der an den Motoren vorkommenden Betriebsstörungen hören werden. In Fig. 80 ist die bis heute am meisten verwendete »Abreißvorrichtung« dargestellt.

Um die Abreißvorrichtung jederzeit schnell auf leitende Berührung von Zündstift und Hebel und dichten Abschluß der Zündhebelachse prüfen zu können, sind diese Organe in einem besonderem Stutzen, dem Zündstutzen oder Zündflansch gelagert. Durch Lösen zweier Befestigungsmuttern kann der Zündstutzen vom Verbrennungsraum entfernt werden. Wie bekannt, hat die Zündung des mit voller Undrehungsgeschwindigkeit laufenden Motors erheblich früher zu erfolgen wie beim »Anlassen«. Das Zurückschnellen des Ankers bzw. der Polschuhbüchse, sowie das Abreißen des Zündhebels muß also zu verschiedenen Zeiten während des Ganges erfolgen können. Solange man Anker und Abreißgestänge gemeinsam durch dieselben Federn bewegt, trifft die Bedingung zu, daß größte Stromspannung und Abreißen gleichzeitig eintreten.

Wird dagegen die Ankerspindel direkt von der Steuerwelle bewegt, wie das bei den schnellaufenden Motoren der Fall ist, so fällt die starke Stromspannung nicht mehr ohne weiteres mit den verschiedenen Abreißzeiten zusammen, man muß hier jede Bewegung für sich veränderlich, und gleichzeitig auslösbar machen. In der Regel sieht man von diesen Doppelbewegungen ab und macht nur die Abreißvorrichtung verstellbar, während die Bewegung des Ankers unveränderlich bleibt. Auch die ungünstigeren Ankerlagen werden hier so schnell durcheilt, daß genügende Spannung zum Zünden entsteht. Nur für Motoren, bei denen es auf besondere Zuverlässigkeit der Zündung ankommt und die Umdrehungszahl innerhalb weiter Grenzen geändert werden muß, sind Zündapparate nötig, bei denen Anker und Abreißvorrichtung gleichzeitig verstellt werden können.

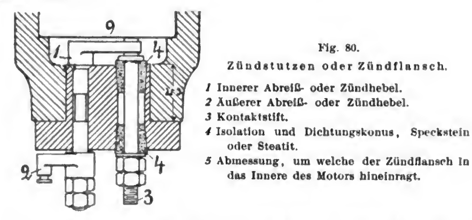


Fig. 80.
Zündstutzen oder Zündflansch.

1 Innerer Abreiß- oder Zündhebel.
2 Äußerer Abreiß- oder Zündhebel.
3 Kontaktstift.
4 Isolation und Dichtungskonus, Speckstein oder Steatit.
5 Abmessung, um welche der Zündflansch in das Innere des Motors hineinragt.

Die gute Isolierung des Zündstiftes bei den Abreißapparaten macht einige Schwierigkeiten, es sind alle nur denkbaren Isolationsstoffe versucht worden, Porzellan, Emaille, Speckstein, Glimmer, Steatit usw., ohne daß bisher ein Material gefunden wäre, welches allen Anforderungen genügte. Die Isolation soll nicht nur als solche zuverlässig sein, sondern sie hat auch der nicht unbeträchtlichen Temperatur im Innern des Verbrennungsraumes zu widerstehen und der mechanischen Einwirkung des auf den Zündstift schlagenden Zündhebels. In Fig. 80 ist ein »Zündstutzen« für Abreißzündung mit Speckstein-Isolierung dargestellt. In Fig. 81, 82 und 83 sind magnetelektrische Apparate der Apparatebauanstalt Fischer, G. m. b. H. in Frankfurt a. M.-Oberrad, dargestellt.

Für die schnellaufenden Automobilmotoren eignete sich die elektrische Abreißzündung in ihrer ersten Ausbildung trotz ihrer Vorzüge nicht. Die Massenwirkung der hin und herschwingenden Stoßstangen und Hebel des Abreißgestänges machten sich bei den

Ausführungen für die langsam laufenden ortsfesten Motoren nicht bemerkbar. Schon bei Umdrehungszahlen über 400 in der Minute ergaben sich aber so starke Abnutzungen in den Gelenken, daß von einer Verwendung bei 800 Umdrehungen und darüber erst recht nicht die Rede sein konnte. Auch der dichtend und drehbar einzuführende Zündhebel bot Gelegenheit zu Undichtigkeiten, die sich bei dem geringen Zylinderinhalt der Automobilmotoren sehr störend bemerkbar machten.

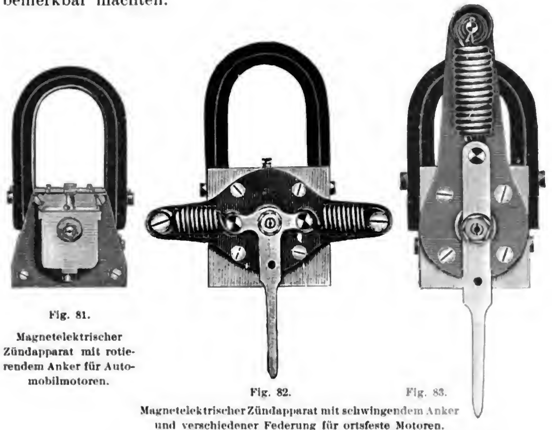


Fig. 81. Magnetelektrischer Zündapparat mit rotierendem Anker für Automobilmotoren.

Fig. 82. Fig. 83. Magnetelektrischer Zündapparat mit schwingendem Anker und verschiedener Federung für ortsfeste Motoren.

Die Automobilfabriken jener Zeit mußten also vorerst noch bei ihren Glührohrzündungen und den alten elektrischen Zündungen mit Benutzung von Funkeninduktoren bleiben und Verbesserungen dieser Zündarten in anderer Richtung suchen. Erfolgreiche Bemühungen waren erst zu verzeichnen, nachdem der Automobilbau in Frankreich seinen Aufschwung nahm. Hier war es die Firma Dion & Bouton in Puteaux bei Paris, welche hinsichtlich Vervollkommnung der elektrischen Zündung Vorbildliches geschaffen hat. Sie versah ihre kleinen schnellaufenden Motoren, welche sie für den Betrieb ihrer bekannten Dreiräder benutzte, mit einer Zündung ähnlich der zu Anfang dieses Abschnittes beschriebenen Anordnung von Benz. Neu an der Dion-

Bouton-Zündung war die Beseitigung des »Funkeninduktors«, mit welchem ein starker Stromverbrauch verbunden war und bei dem sich der sog. »Neefsche Hammer« als ein sehr unzuverlässiges Organ erwiesen hatte. Während nun bei dem Funkeninduktor die Stromunterbrechung durch den elektrischen Strom selbst erfolgte, wurde hier die Steuerung des Motors dazu benutzt. — Aus dem später im achten Abschnitt beschriebenen alten Dion-Bouton-Motor ist ersichtlich, in welcher Weise dies zu jener Zeit erfolgte. Eine weitere Vervollkommnung der elektrischen Zündung brachte die französische Firma durch Umformung des Zündstutzens zur »**Zündkerze**«, welche bis auf den heutigen Tag in ausgebreiteter Verwendung ist.



Fig. 84.

Zündkerze der Neckarsulmer Fahrradwerke.

1 Schraubenstutzen. — 2 Verschraubung zur Befestigung der Isolationshülse im Stutzen. — 3 Platindraht, an dessen Spitze der Funke überspringt. — 4 Stromzuführungsdraht. — 5 Isolationshülse. — 6 Mutter zur Befestigung des Zuleitungsdrahtes in der Hülse 5. — 7 Klemmmutter für das Leitungskabel vom Stromunterbrecher.

Inzwischen waren auch die »Akkumulatorenbatterien« soweit vervollkommnet, daß man sie als Stromquelle für die elektrische Zündung benutzen konnte. In der Dion-Bouton-»Kerzenzündung«, gespeist durch Akkumulatoren, war dann eine passende Zündart für die schnelllaufenden Motoren gefunden, die einfach und billig war, die keine bewegten Teile hatte und die keine Grenzen hinsichtlich der Umdrehungszahl kannte. Da ein Stromverbrauch nur im Augenblick der Zündung stattfindet, so genügen verhältnismäßig kleine und leichte Akkumulatorenbatterien für lange Fahrten.

Die erste Ausführungsart der Kerzenzündung ist, wie erwähnt, aus den Abbildungen des alten Dion-Bouton-Motors zu ersehen. Als Beispiel für neuere Konstruktionen mögen die in Fig. 84, 85 u. 86 dargestellten Zündeinrichtungen der Neckarsulmer Fahrradwerke dienen.

Das Bestreben, unabhängig von der begrenzten Strommenge in der Akkumulatorenbatterie zu sein und dennoch die »Kerze« beibehalten zu können, führte bald dazu, den magnetelektrischen Stromerzeuger ebenfalls brauchbar für die Funkengebung zwischen festen Punkten zu machen. Zu dem Zweck war weiter nichts nötig

wie den vom »Magneten« erzeugten Strom durch eine »Induktionsspule« auf genügend hohe Spannung zu bringen. Diese Art der Zündapparate ist namentlich von der Firma Ernst Eisemann & Co. in Stuttgart ausgebildet worden.

Mit Erfolg ist auch Robert Bosch in Stuttgart bestrebt gewesen, den mit »Magnetapparat« erzeugten Strom für die schnelllaufenden Automobilmotoren geeignet zu machen. Zur Erzeugung des hochgespannten Stromes verwandte er aber nicht eine gesonderte Induktionsspule, sondern ließ die Hochspannung direkt in der Ankerwicklung entstehen.

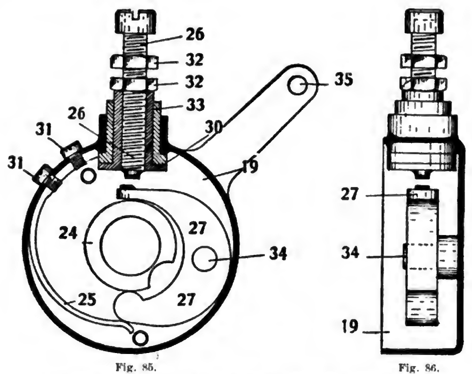


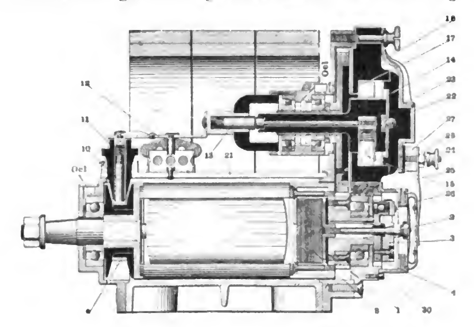
Fig. 85. Fig. 86.

Stromunterbrecher der Neckarsulmer Fahrradwerke.

19 Gehäuse zur Aufnahme des Apparates. — *27* Um den Zapfen *34* schwingender Kontaktbügel. *26* Kontaktschraube mit Platinspitze — *25* Kontaktfeder, welche den Kontakthebel gegen die Kontaktschraube drückt, so daß hier der Strom übertritt. — *35* Arm zum Verstellen des Gehäuses zwecks Verlegung der Zündzeit. — *33* Hartgummihülse zur Isolation der Kontaktschraube. *32* Klemmuttern für den Leitungsdraht.

Die Vorzüge dieser sog. »Lichtbogenzündung« bestehen neben Vermeidung der gesonderten Induktionsspule mit ihren vielen Stromleitungen darin, daß die Entladung zwischen den Spitzen der Kerze nicht als kurzer Funke auftritt, sondern als kleiner »Lichtbogen« längere Zeit stehen bleibt. Durch diese sehr heiße Entladung wird die regelmäßige Zündung auch bei brennstoffarmen Ladungen ermöglicht.

Außer dem einen vom Apparat zur Kerze führenden Kabel ist für die Lichtbogenzündung keine weitere Stromführung nötig.



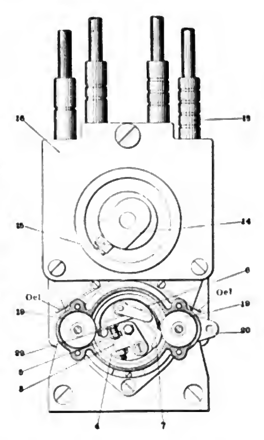


Fig. 87 und 88.
Bosch-Lichtbogenzündung für 3, 4 und 6zylindrige Automobilmotoren.

1 Messingplatte zum Anschluß des Endes der Primärwicklung. — *2* Befestigungsschraube für Unterbrecher. — *3* Kontaktstück im Unterbrecher. — *4* Unterbrecherscheibe. — *5* Platinschraube (lange). *6* Unterbrecherfeder. — *7* Unterbrecherhebel. — *8* Kondensator. — *9* Schleifring. — *10* Kohle zur Stromabnahme. — *11* Kohlenhalter. — *12* Überführungsbrücke. — *13* Kohle zur Stromüberführung. — *14* Rotierendes Verteilungsstück. — *15* Verteilerschleifkohle. — *16* Verteilerscheibe. — *17* Metallsegmente. — *18* Anschlußstöpsel. — *19* Fiberrolle. — *20* Verstellhebel. — *21* Staubdeckel. — *22* Verschlußdeckel. — *23* Klemmbügel. — *24* Mutter für Kurzschlußkabel. — *25* Feder zur Befestigung der Verschlußkapsel. — *26* Verschlußkapsel. — *27* Anschlußplatte für die Befestigungsfeder der Verschlußkapsel. — *28* Gewindebolzen zum Anschrauben der Befestigungsfeder. — *29* Platinschraube (kurze). — *30* Anschlagschraube zum Verstellhebel.

Das Auffinden von Fehlern in der Isolation wird dadurch wesentlich erleichtert. Die Verstellung der Zündzeit ist mit dem Apparat direkt verbunden und gestattet eine Verstellung bis zu 40⁰ an der

Achse des Apparates gemessen. Dies entspricht einem Verstellwinkel in bezug auf die Motorachse von 50° bei 3 Zylindermotoren, von 40° bei 4 Zylindern und ca. 27° bei 6 Zylindermotoren.

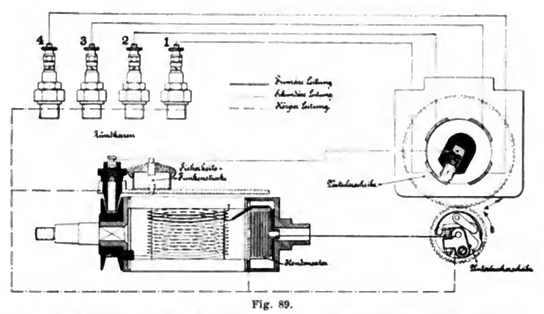


Fig. 89.
Schema für die Schaltung eines Lichtbogenzündapparates mit einem 4 Zylindermotor.

In den Fig. 87 und 88 ist der Lichtbogenzündapparat, in Fig. 89 ein Schema für die Schaltung des Apparates mit einem 4 Zylindermotor und in Fig. 90 die Zündkerze dargestellt, welche bei der Lichtbogenzündung verwendet wird.

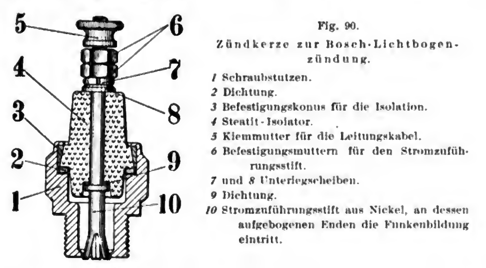


Fig. 90.
Zündkerze zur Bosch-Lichtbogenzündung.

1 Schraubstutzen.
2 Dichtung.
3 Befestigungskonus für die Isolation.
4 Steatit-Isolator.
5 Klemmutter für die Leitungskabel.
6 Befestigungsmuttern für den Stromzuführungsstift.
7 und *8* Unterlegscheiben.
9 Dichtung.
10 Stromzuführungsstift aus Nickel, an dessen aufgebogenen Enden die Funkenbildung eintritt.

Die großen Vorzüge des »Abreißfunkens«, hohe Temperatur und großes Zündgebiet, haben immer wieder dazu angeregt, diese Zündung auch für Automobilmotoren verwendbar zu machen. Das Haupthindernis bildete, wie erwähnt, die schnelle Abnutzung des Abreiß-

gestänges und die unzuverlässige Abdichtung des drehbar einzuführenden Zündhebels. Durch Verringerung der Gewichte und Verkleinerung der Wege der hin- und herschwingenden Teile und ebenso durch möglichst lange Lagerung der Zündhebelwelle hat man es dann auch in der Tat dahin gebracht, Konstruktionen zu finden, die für nicht zu schnellaufende Automobilmotoren genügende Haltbarkeit bieten. Es gibt heute eine ganze Anzahl von Automobilfabriken, welche die Abreißzündung dauernd benutzen.

In Fig. 91 und 92 ist eine dieser Konstruktionen mit zugehörigem Magnetapparat von der Firma Robert Bosch in Stuttgart dargestellt.

An Stelle der in Fig. 91 ersichtlichen Stange für Bewegung des Zündhebels wählt man in neuester Zeit eine leichte drehbare Achse, welche durch entsprechend geformte Daumen die Abreißbewegung auf liegend angeordnete Zündhebel überträgt. Hierdurch wird die Massenwirkung ganz erheblich verringert. Fig. 92 ist der Magnetapparat, welcher von Bosch für diese schnellarbeitenden Abreißzündungen geliefert wird.

Eine andere Art den Abreißfunken zu erzeugen, war Mitte der neunziger Jahre in Amerika aufgekommen. Sehr naheliegend war es, durch den Arbeitskolben selbst das Abreißen eines im Innern des Verbrennungsraumes liegenden Zündhebels bewirken zu lassen. Die Einleitung der Bewegung konnte zur rechten Zeit, das heißt kurz bevor der Arbeitskolben den inneren Totpunkt erreicht, erfolgen, jedes Gestänge war vermieden und ebenso der sonst dichtend einzuführende Zündhebel. Zwar war die Geschwindigkeit des Kolbens kurz vor Erreichung des Totpunktes nur gering und die Möglichkeit, daß bei zu langsamem Andrehen des Motors die Zündungen ausbleiben würden, groß. Aber die Erfahrung zeigte doch, daß man bei kleineren Motoren sehr wohl über diese Schwierigkeiten fortkommen konnte. Trotzdem man bei dieser Zündart auf den Vorzug verzichten mußte, den Zündzeitpunkt während des Betriebes zu verlegen und damit den günstigsten Brennstoffverbrauch herauszuholen, ist die »Kolbenkontaktzündung« doch verhältnismäßig viel benutzt worden und hat sich mit Rücksicht aut ihre große Einfachheit bis auf den heutigen Tag im Gebrauch erhalten, z. B. gehört die »Maurer Union« in Nürnberg zu den Werken, welche diese Zündart besonders ausgebildet haben und dauernd an ihren Automobilmotoren benutzen.

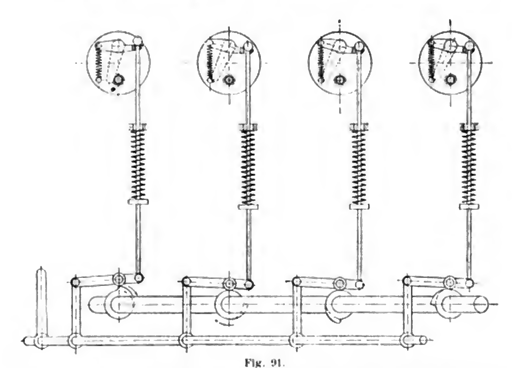


Fig. 91.

Verstellbare Abreißvorrichtung eines 4 Zylinder-Automobilmotors von Robert Bosch.

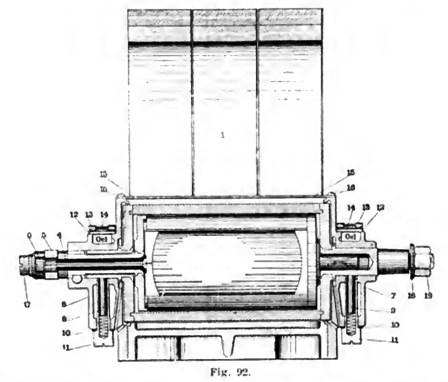


Fig. 92.

Bosch-Zündapparat mit rotierendem Anker für schneller laufende Motoren mit Abreißvorrichtung.

1 Doppelmagnete. — *2* Anker. — *3* Isolierter Bolzen. — *4* Stromabnehmer. — *5* Stromabnehmerbolzen. — *6* Vordere Lagerplatte. — *7* Hintere Lagerplatte. — *8* Filzdocht. — *9* Lederscheibe. — *10* Dochthalter. — *11* Kohlenbürste. — *12* Kohlenhalter. — *13* Schmierdeckel. — *14* Schraube für Schmierdeckel. — *15* Spiralfeder für Schmierdeckel. — *16* Zinkdeckel. — *17* Schraube für Zinkdeckel. — *18* Scheibe für Ankerachse. — *19* Mutter für Ankerachse.

Zum Schluß ist noch von einer Neuerung an den »Abreißzündungen« zu berichten, welche die Vorzüge der Kerzen- und der alten Abreißzündung in sich vereinigen soll. Schon seit etwa 6 Jahren ist man bemüht gewesen, den elektrischen Strom neben der Funkenerzeugung auch als »Abreißkraft« zu verwerten, indem man in bekannter Weise einen Eisenkern mit einer Drahtspule umgibt, und das Eisen zum Magneten macht, wenn der Strom den Draht durchfließt. Die so entstandene Kraft bewirkt dann das Abreißen

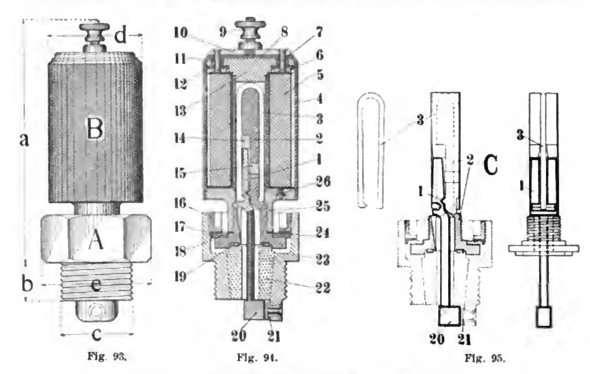


Fig. 93. Fig. 94. Fig. 95.

Bosch-Magnetkerzenzündung (System Honold).

A Körperstück. — *B* Spulenkörper. — *C* System.

1 Abreißhebel. — *2* Polstück. — *3* U förmige Feder. — *4* Mantel aus Eisen. — *5* Magnetspule. — *6* Stromzuführungsring. — *7* Stromzuführende Niete. — *8* Glimmerscheibe. — *9* Mutter für die Klemme. — *10* Stromzuführende Platte. — *11* Isolierbüchse. — *12* Glimmerreif. — *13* Oberes Magnetjoch. — *14* Füllstück aus Messing. — *15* Trennstück aus Messing — *16* Ringförmige Mutter. — *17* Zentrierungsreif. — *18* Glimmerplatte. — *19* Hauptdichtungsring. — *20* Kontaktstück am Abreißhebel. — *21* Kontakt am Körperstück. — *22* Steatitkonus. — *23* Gewindestück. — *24* Dichtungsring für den Spulenkörper. — *25* Unteres Magnetjochstück.

des im Innern des Verbrennungsraumes untergebrachten Zündhebels oder Stiftes. Die Firma Robert Bosch hat sich ebenfalls mit Konstruktion einer derartigen Zündeinrichtung beschäftigt und bringt sie seit kurzer Zeit als »Bosch-Magnetkerzen-Zündung, System Honold« in den Handel.

Aus Fig. 93 bis 95 ist die Einrichtung dieser neuen Magnetkerze ersichtlich. Betätigt wird die Kerze durch einen Magnetapparat gewöhnlicher Konstruktion.

Sehr wichtige Teile der elektrischen Zündung sind die Leitungen für den elektrischen Strom und ihre Verbindungen, welch letztere oft gelöst werden müssen und starken Erschütterungen ausgesetzt sind. Einfacher isolierter Kupferdraht empfiehlt sich nicht zu diesen Leitungen. Durch wiederholte Biegungen solcher Drähte, die ja unvermeidlich sind, leidet die Isolation, es kommt auch häufig zu Brüchen des Drahtes innerhalb der Isolationshülle, damit ist dann die Stromleitung unterbrochen, ohne äußerlich sichtbar zu sein, und der Fehler ist schwer aufzufinden. Diese Mängel werden am besten durch Verwendung sog. »Kabel« vermieden, bei denen die Leitung nicht von einem einzelnen steifen Draht, sondern von einer großen Anzahl sehr dünner, nebeneinander liegender Drähte gebildet wird, die gemeinsam umsponnen und von einem Gummischlauch umgeben sind. Solche Kabel sind sehr biegsam und auch für Hochspannung geeignet. Schwierigkeiten bieten bei ihnen nur die Anschlüsse, hier sind besondere »Kabelschuhe« nötig. In Fig. 96 und 97 ist ein solcher Kabelschuh dargestellt.



Fig. 96. Fig. 97.

Kabelschuh der Apparatebauanstalt Fischer, G. m. b. H., in Frankfurt a. M.-Oberrad.

Fig. 96 zeigt die Art der Befestigung des Kabels in dem Schuh.
Fig. 97 zeigt die fertige Verbindung.

Aus dem geschilderten Entwicklungsgang der elektrischen Zündung ist zu entnehmen, daß es nicht an Bemühungen gefehlt hat, diesen wichtigsten Teil der Verbrennungsmotoren zu vervollkommnen. Einfacher sind die Motoren durch diese verbesserten elektrischen Zündungen nicht geworden, und man kann sich nicht des Gedankens erwehren, das hier schon der Guten zu viel getan wurde.

Sechster Abschnitt.

Zeitgemäße ortsfeste Benzin-, Benzol-, Ergin- und Spiritusmotoren.

So vorzügliche Eigenschaften das Benzin als Motorbrennstoff auch hat, seine große Feuergefährlichkeit, sein hoher Preis und die Eigenschaft, nur geringe Verdichtung der Ladung zuzulassen, haben doch schon lange dazu angeregt, nach Ersatzstoffen zu suchen. Wie wir aus dem dritten Abschnitt entnehmen konnten, sind diese Bemühungen auch erfolgreich gewesen. In dem Rohbenzol, dem Ergin und der Mischung beider mit Spiritus sind Stoffe gefunden, welche das Benzin nicht nur ersetzen, sondern für bestimmte Zwecke erheblich übertreffen. Für ortsfeste Motoren und Lokomobilen kommt die Benutzung von Benzin heute kaum mehr in Frage, nur für ganz kleine Kräfte finden sich im Gewerbebetriebe hin und wieder noch Benzinmotoren.

Das Rohbenzol, das Ergin und der Spiritus sind nicht in dem Maß flüchtig, daß die Gemischbildung wie beim Benzin durch einfaches Zerstäuben erfolgen könne, vielmehr muß hier das Brennstoffstaub-Luftgemisch sofort nach der Bildung durch eine erwärmte Kammer geführt werden, damit der Staub in Dampfform übergehe und die Mischung mit Luft vervollständigt werden könne.

Als Heizmittel für diese Kammer sind allgemein die heißen Auspuffgase im Gebrauch. Dieses Heizmittel setzt voraus, daß der Motor mit einem anderen leichter flüchtigen Brennstoff in Gang gebracht und solange betrieben werde, bis die Anwärmung genügend vorgeschritten ist; ferner wird die Kraftleistung des Motors durch die angewärmte, in ihrem Gewicht also erleichterte Ladung vermindert. Die Einfachheit und Zuverlässigkeit des Mittels ist aber doch von solcher Bedeutung, daß die meisten Fabriken davon Gebrauch machen. Schädlich ist nur, die Anwärmung höher wie nötig zu treiben.

Will man also Motoren bauen, die vorteilhaft mit Benzol, Ergin und Spiritus zu speisen sind, so muß die Anwärmevorrichtung regelbar sein, und dem Flüchtigkeitsgrad des benutzten Brennstoffes genau angepaßt werden können.

Eine der ersten Fabriken, welche ihre Motoren für flüssige Brennstoffe mit regelbaren Anwärmevorrichtungen durch die Auspuffgase versehen hat, war die Firma Gebr. Körting A.-G. in Hannover. In Fig. 98 bis 102 ist ein Motor dieser Art dargestellt, bei dem auch ein Betrieb mit Lampenpetrolen möglich ist.



Fig. 98.

Kortings Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin, Benzol, Ergin, Spiritus und Petroleum). (Längsschnitt.)

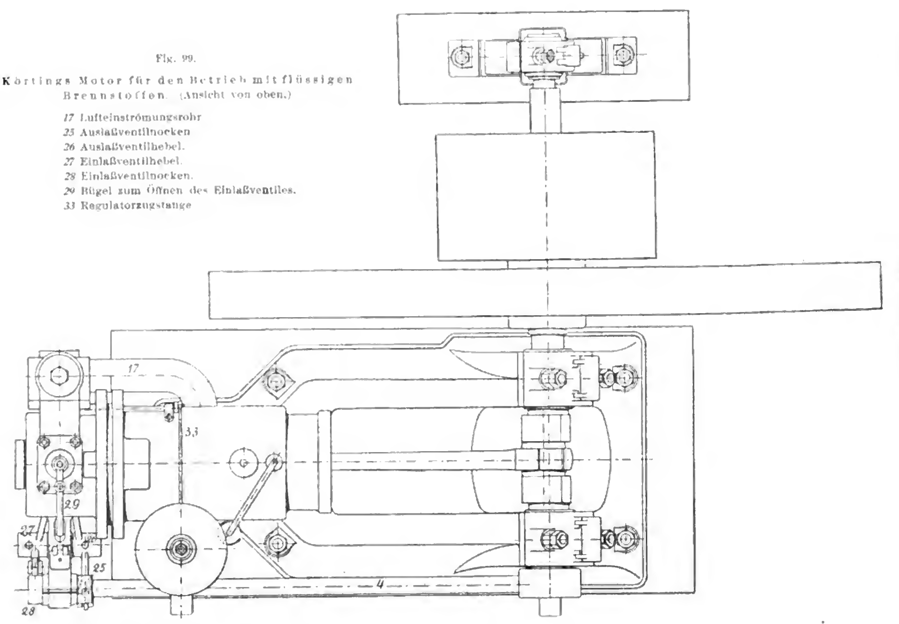
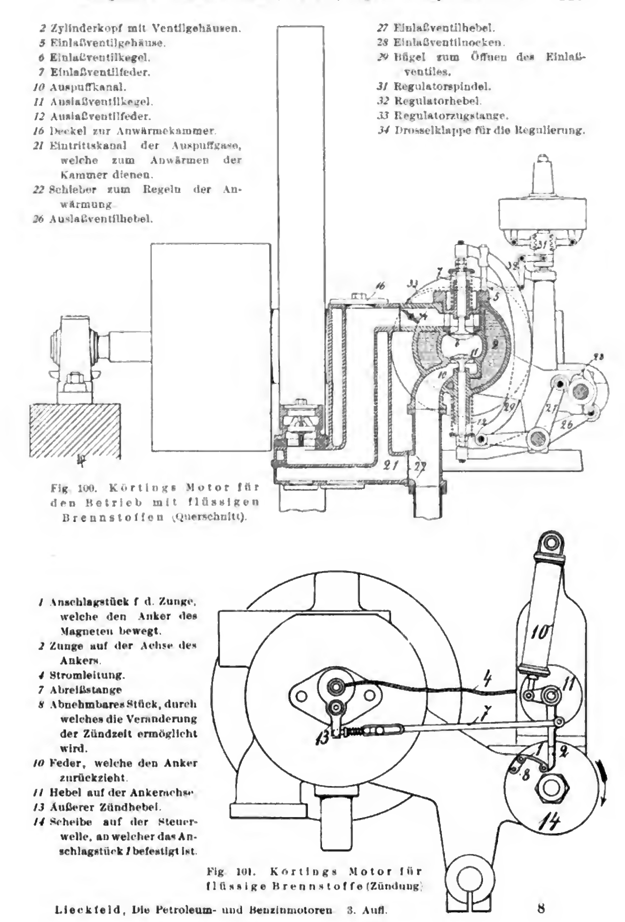


Fig. 99.

Körtings Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen. (Ansicht von oben.)

17 Lufteinströmungsrohr
25 Auslaßventilnocken
26 Auslaßventilhebel.
27 Einlaßventilhebel.
28 Einlaßventilnocken.
29 Bügel zum Öffnen des Einlaßventiles.
33 Regulatorzugstange



2 Zylinderkopf mit Ventilgehäusen.
5 Einlaßventilgehäuse.
6 Einlaßventilkegel.
7 Einlaßventilfeder.
10 Auspuffkanal.
11 Auslaßventilkegel.
12 Auslaßventilfeder.
16 Deckel zur Anwärmekammer.
21 Eintrittskanal der Auspuffgase, welche zum Anwärmen der Kammer dienen.
22 Schieber zum Regeln der Anwärmung.
26 Auslaßventilhebel.
27 Einlaßventilhebel.
28 Einlaßventilnocken.
29 Bügel zum Öffnen des Einlaßventiles.
31 Regulatorspindel.
32 Regulatorhebel.
33 Regulatorzugstange.
34 Drosselklappe für die Regulierung.

Fig. 100. Körtings Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Querschnitt).

1 Anschlagstück f. d. Zunge, welche den Anker des Magneten bewegt.
2 Zunge auf der Achse des Ankers.
4 Stromleitung.
7 Abreißstange.
8 Abnehmbares Stück, durch welches die Veränderung der Zündzeit ermöglicht wird.
10 Feder, welche den Anker zurückzieht.
11 Hebel auf der Ankerachse.
13 Äußerer Zündhebel.
14 Scheibe auf der Steuerwelle, an welcher das Anschlagstück *1* befestigt ist.

Fig. 101. Körtings Motor für flüssige Brennstoffe (Zündung).

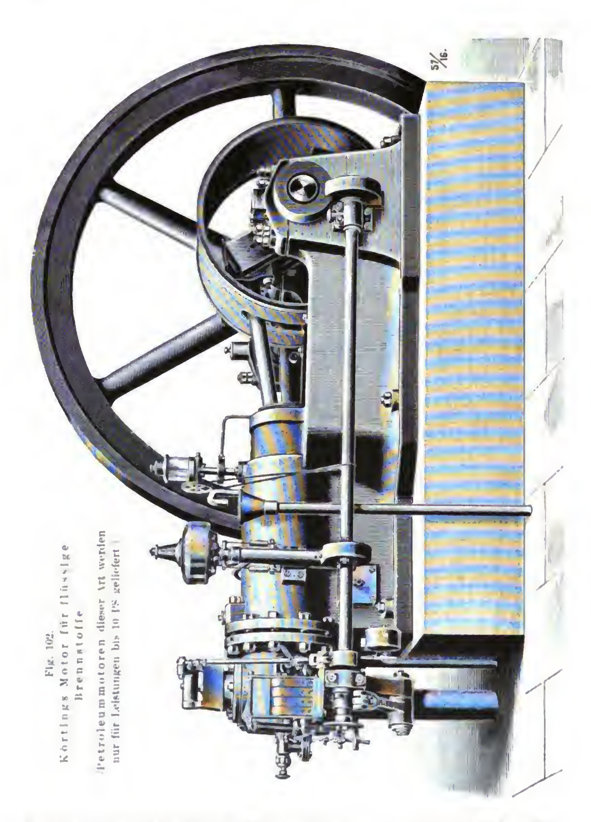


Fig. 102.
Körtings Motor für flüssige Brennstoffe

(Petroleummotoren dieser Art werden nur für Leistungen bis 10 PS geliefert.)

Brennstoffverbrauch für den Betrieb mit Benzin . . . . 0,25–0,4 kg p. St. u. PS
" " " " " 92 % Spiritus . . 0,37–0,5 " " " "

Preisliste der Körtingschen Motoren

für den Betrieb mit Benzin, Benzol, Spiritus und Petroleum.

Die Maschinen werden gebaut für Benzin bis 35 PS, Benzol und Spiritus bis 50 PS, Petroleum bis 10 PS einschließlich.

Pferdestärken	2	3	4	6	8	10	12	14	16	20	25	30	35	40	50
Preis der Benzin-, Benzol-, Spiritus- oder Petroleummaschine f. Gewerbebetrieb M.	2200	2420	2860	3015	3755	3965	4655	5205	5635	6200	6770	7780	8900	10355	12050
für elektrischen Betrieb. . . . »	2225	2440	2885	3080	3840	4040	4755	5305	5735	6400	6975	8055	9200	10720	12500
Mehrpreis für Außenlagerbock einschl. Ankerbolzen hierzu . . . . »	—	—	—	—	44	44	77	77	77	79	105	140	140	188	190
Angenäherte Gewichte der Maschinen:															
Für Gewerbebetrieb . . . netto kg	540	740	970	1200	1940	2335	3040	3680	3800	4000	4570	5760	6530	8460	11230
» » . . . brutto »	880	1080	1360	1640	2480	2900	3450	4120	4240	4450	5160	6410	7250	9180	11970
» elektrischen Betrieb . . netto »	620	785	1050	1365	2320	2750	3235	3900	3995	4710	5460	6800	7525	9960	12860
» » » . . brutto »	960	1125	1440	1805	2860	3310	3645	4340	4435	5160	6050	7450	8245	10680	13000
Normale Umdrehungszahl in der Minute	260	260	240	240	220	220	200	200	200	190	190	170	170	160	160
Angenäherte Länge der Maschinen mm	1540	1670	1820	1970	2175	2440	2700	2870	3075	3520	3700	3760	4280	4680	4900
» Breite » » »	800	820	945	1100	1595	1716	1940	2035	2110	2250	2350	2440	2530	2615	2870
» Höhe » » »	1400	1460	1500	1570	1695	1860	1930	2000	2050	2115	2130	2240	2350	2600	2625
Durchmesser des Schwungrades für Gewerbebetrieb . . . . mm	1020	1220	1320	1440	1740	1860	2070	2290	2290	2420	2430	2640	2820	2960	3200
für elektrischen Betrieb . . . »	1220	1320	1440	1540	1850	1960	2160	2370	2370	2530	2580	2760	2940	3140	3350
Durchmesser der normal. Riemenscheibe	400	400	500	500	600	600	800	800	800	1000	1000	1200	1200	1300	1300
Breite der normalen Riemenscheibe mm	200	200	260	260	300	350	360	410	470	470	550	640	740	750	850
Breite des Riemens . . . . »	70	90	100	120	140	165	165	190	220	220	260	300	350	350	400
Preis der normalen Riemenscheibe M.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	295	320	500	570	670	750
Preis des gußeisernen Sockels . . »	115	120	150	175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gewicht des gußeisernen Sockels . kg	160	165	210	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Ortsfeste Motoren für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin, Benzol, Petroleum, Spiritus, Ergin usw.), gebaut von der Gasmotorenfabrik Deutz.

Liegende Bauart mit niedriger Tourenzahl (Fig. 103 bis 109). Die Motoren können mit Benzin, Benzol, Spiritus, Ergin und Petroleum arbeiten. Für Benzin und Petroleum ist die Verdichtung zu erniedrigen. Die Maschinen müssen für jeden Brennstoff ausprobiert werden. Die Bildung der Ladung erfolgt durch Pumpe und Brause oder mittels eines Zerstäubers. Die Kühlung erfolgt durch Zirkulation oder durch sog. Verdampferkühlung. Beim Betrieb mit Ergin, Spiritus und Petroleum muß der Motor mit Benzin angelassen werden.

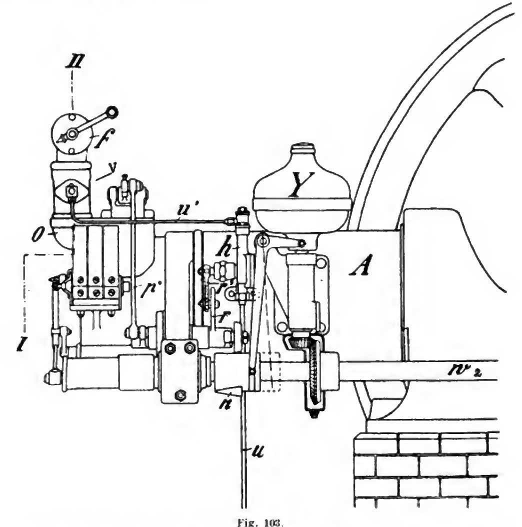


Fig. 103.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe mit geringer Tourenzahl und Gemischbildung durch Pumpe mit Brause (Seitenansicht).

A Arbeitszylinder. — *h* Brennstoffpumpe. — *u u'* Brennstoffleitung. — *o* Mischraum. — *f* Luftregulierung. — *v* Kammer für die Brause. — *p'* Einlaßventilstange. — *n* Einlaßdaumen. — *r r* Hebel zur Betätigung der Brennstoffpumpe. — w_2 Steuerwelle.

Fig. 104.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe.

(Schnitt nach I, II der Fig. 103.)

- *e* Lufteintritt.
- *f* Luftregulierhahn.
- *g* Brennstoffbrause.
- *o* Mischraum.
- *p* u. *p''* Einlaßventilhebel.
- *p'* Einlaßventilstange.
- *u*, Brennstoffleitung.
- *D* Auspuffstutzen.
- *c*, *c'*, *t* Gestänge für die Betätigung des Magneten.
- *b*, *w* Abreißgestänge.
- *U* Zündflansch.
- *n'* Rolle für den Pumpenhebel.
- w_2 Kurbelscheibe für die Zündgestänge.

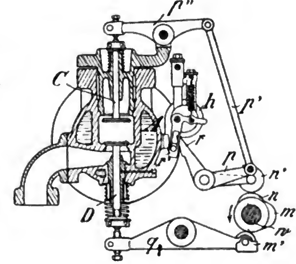


Fig. 105.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe.

(Schnitt durch die Ventile bei Ladungsbildung mit Pumpe und Brause.)

- *p*, *p' p''* Einlaßventilgestänge.
- *C* Einlaßventil.
- *n* Einlaßnocken.
- *D* Auslaßventil.
- *m* Nocken für das Auslaßventil.
- *m' q* Auslaßventilhebel.
- *r*, *r'* Pumpenhebel.
- *w* Steuerwelle.

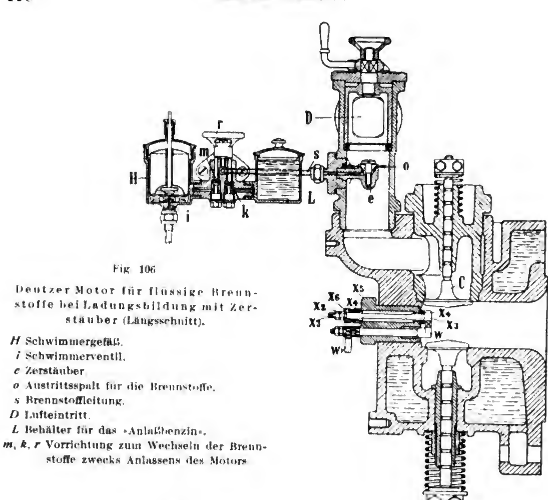


Fig. 106.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe bei Ladungsbildung mit Zerstäuber (Längsschnitt).

H Schwimmergefäß.
i Schwimmerventil.
e Zerstäuber.
o Austrittsspalt für die Brennstoffe.
s Brennstoffleitung.
D Lufteintritt.
L Behälter für das »Anlaßbenzin«.
m, *k*, *r* Vorrichtung zum Wechseln der Brennstoffe zwecks Anlassens des Motors.

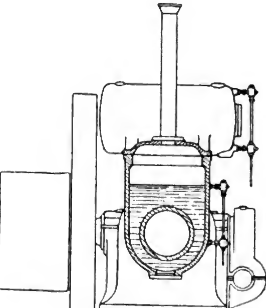


Fig. 107.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe für Maschinen mit Verdampfungskühlung (Querschnitt).

Der Kühlmantel des Zylinders ist nach oben erweitert und durch einen Deckel verschlossen. Ein Standrohr zeigt die Höhe des Wasserstandes. Alles Wasser wird in Dampf verwandelt, welch letzterer durch ein Rohr ins Freie gelangt.

Fig. 108.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe. »Zündstutzen«.

- W' Äußerer Zündhebel.
- W'' Innerer Zündhebel.
- X, X_2, X_3 Stromeinführung.
- X_4 Glimmer-Isolierung.
- X_5 Flansch des Zündstutzens.
- X_6 Anschluß des Leitungskabels.

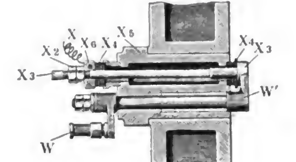


Fig. 109.

Deutzer Motor für flüssige Brennstoffe mit Zerstäubervergasung.

Preisliste der ortsfesten Deutzer Motoren für flüssige Brennstoffe
in den Größen von 4 bis 20 PS.

Von 20 bis 30 PS werden die Maschinen nach einem anderen Modell gebaut.

Größenbezeichnung	b	d	e	g	h	k	m
Maximalleistung: Benzin, Benzol, Petroleum . .	4,25	6,25	8,25	10,7	14	18	23
Maximalleistung: Spiritus und Ergin	4,8	6,8	9	11,5	16	20	25
Preis des Motors für Gewerbebetrieb mit Brennstoffbehälter, Ausblasetopf, Bedienungswerkzeugen, Ölkanne, Ersatzteilen und Riemenscheibe . . . . M.	1700	2100	2450	3200	3550	4550	5500
Preis d. Fundamentteile f. Mauerfundament »	15	20	25	25	40	50	60
Preis des gußeisernen Fundamentbockes »	110	130	145	160	200	220	260
Mehrpreis für Verdampfungskühlung . »	150	150	200	200	250	300	300
Umdrehungszahl in der Minute	350	350	330	300	280	250	230
Durchmesser der Riemenscheibe . . mm	300	350	400	500	600	850	1000
Breite der Riemenscheibe . . . . . . »	210	250	290	330	350	390	410
Riemenbreite . . . . »	100	120	140	160	170	190	200
Ungefähres Gewicht des Motors netto kg	630	810	1070	1250	1900	2500	3400
Ungefähres Gewicht des Motors brutto »	800	1020	1290	1550	2250	2900	3900
Mehrpreis des Motors für elektrischen Betrieb, ohne Riemenscheibe:							
1. mit schwerem Schwungrad und Außenlager:							
a) mit Fundamentteilen für Mauerfundament . . . . M	180	190	200	210	230	380	420
b) mit gußeisernem Lagerstuhl . . »	240	250	280	280	310	470	510
2. mit zwei Schwungrädern . . . . »	180	190	200	210	230	380	420
Motor mit einem Schwungrad:							
Durchmesser des Riemenschwungrades mm	1300	1400	1500	1600	1800	2100	2300
Riemengeschwindigkeit . . . . . Sek./m	23,8	25,5	25,9	25,1	26,3	27,4	27,6
Riemenbreite . . . . mm	60	70	80	100	110	120	140
Entfernung von Mitte Zylinder bis Mitte Außenlager: ohne Riemenscheibe . mm	630	720	760	800	900	1000	1120
mit Riemenscheibe . »	750	870	940	1020	1130	1260	1400
Motor mit zwei Schwungrädern:							
Durchmesser des Riemenschwungrades mm	950	1100	1200	1300	1400	1600	1800
Riemengeschwindigkeit . . . . . Sek./m	17,4	20,1	20,7	20,4	20,5	20,9	21,6
Riemenbreite . . . . mm	80	90	100	120	140	160	180
Preis des Motors für fahrbaren Betrieb, mit zwei Schwungrädern und Verdampfungskühlung (ohne Ausblasetopf) . . . M.	1800	2200	2600	3350	3750	4700	5650
Motor für fahrbaren Betrieb:							
Durchmesser des Riemenschwungrades mm	750	810	830	900	900	1000	1080
Breite des Riemenschwungrades . . »	160	162	182	202	222	262	312
Riemenbreite . . . . »	70	70	80	90	100	120	140
Riemengeschwindigkeit . . . . . Sek./m	13,7	14,8	14,3	14,1	13,1	13	13

Deutzer ortsfester Motor stehender Bauart mit unten liegender Achse, in den Gröfsen von 1,25 bis 36 PS mit höheren Tourenzahlen.

Diese Maschine ist nach Art der Automobilmotoren konstruiert und wird als Ein-, Zwei- und Vierzylindermotor mit der in Fig. 106 dargestellten Zerstäubereinrichtung ausgerüstet.

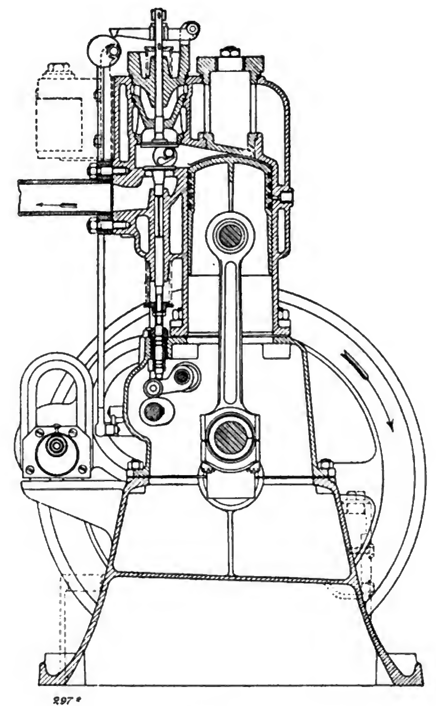


Fig. 110.

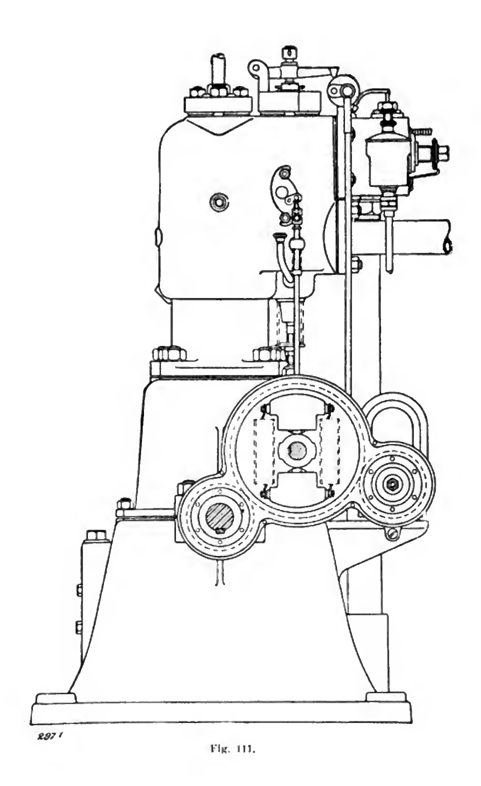


Fig. 111.

Preisliste des in Fig. 110 und 111 dargestellten Deutzer Motors für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen.

	Einzylindermotoren			Zwillingsmotoren			Vierzylindermotoren inkl. Außenlager	
Größenbezeichnung	a	g	h	gz	hz	kz	h 2 z	k 2 z
Maximalleistung . . . . PS	1,25	4,5	6	9	12	18	25	36
Preis des Motors für Gewerbe oder Lichtbetrieb, mit Brennstoffbehälter, Ausblasetopf, Bedienungswerkzeugen, Ölkanne, Ersatzteilen, Riemenscheibe und Andrehkurbel . . . . . . M.	875	1500	1700	2800	3275	4000	6500	8000
Preis der Fundamentteile für Mauerfundament	10	25	30	25	30	40	45	60
Umdrehungszahl in der Minute . . .	750	660	600	660	600	475	600	475
Durchmesser der Riemenscheibe mm	200	300	350	420	480	600	480	600
Breite . . . . »	90	130	150	170	210	270	410	530
Riemenbreite . . . . »	40	60	70	80	100	130	200	260
Ungefähres Gewicht des Motors (mit Schwungrad und Riemenscheibe) exkl. Töpfe — netto kg	140	290	375	410	575	800	1000	1500
Ungefähres Gewicht des Motors (mit Schwungrad und Riemenscheibe) exkl. Töpfe — brutto »	170	340	450	485	675	900	1150	1700

Preisliste des in Fig. 112 bis 114 dargestellten Swiderskischen Motors für flüssige Brennstoffe.

Normalleistung in effekt. Nutz-PS		1	2	3	4	5	6	8	10	15
Preis des kompl. Motors einschl. Reserveteile und Bedienungswerkzeug . . . . M.	Einzylinder-Motor	1350	1500	1750	2000	2300	2600	3150	3600	4300
Preis der Fundamentanker und Platten . . . . M.		12	15	18	20	22	25	28	34	40
Umdrehungszahl in der Minute		360	340	330	300	270	250	240	230	220
Durchmesser des norm. Schwungrades . . . . mm		750	850	900	1000	1100	1250	1350	1500	1600
Breite des norm. Schwungrades »		70	80	80	90	90	95	105	110	210
Durchmesser der norm. Riemenscheibe . . . . mm		200	250	250	300	350	450	500	600	700
Breite d. norm. Riemenscheibe »		140	160	180	200	220	280	320	350	400
Preis für zweites Schwungrad für elektr. Lichtbetrieb . . M.		70	80	90	100	110	135	165	190	230
Nettogewicht des norm. Motors kg		400	500	600	800	950	1150	1400	1500	2200
Bruttogewicht d. norm. Motors »		550	650	800	1000	1150	1450	1750	1850	2600
Preis der norm. Verpackung M.		20	22	24	34	40	45	50	58	70
Preis einer Handanlaßvorrichtung . . . . M.		45	50	55	60	65	70	75	80	85

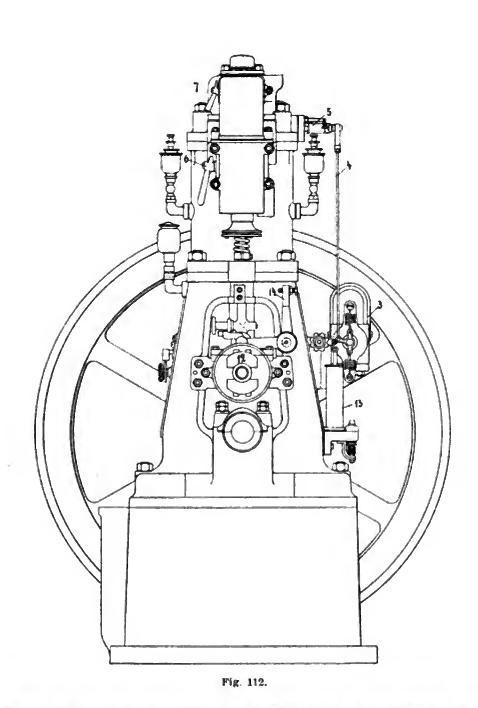


Fig. 112.

Ortsfester Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen, Spiritus, Benzol, Ergin, Benzin und Petroleum, gebaut von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. Ph. Swiderski, Leipzig-Plagwitz.

Stehende Bauart mit niedriger Tourenzahl von 1 bis 15 PS.

(Fig. 112 bis 114.)

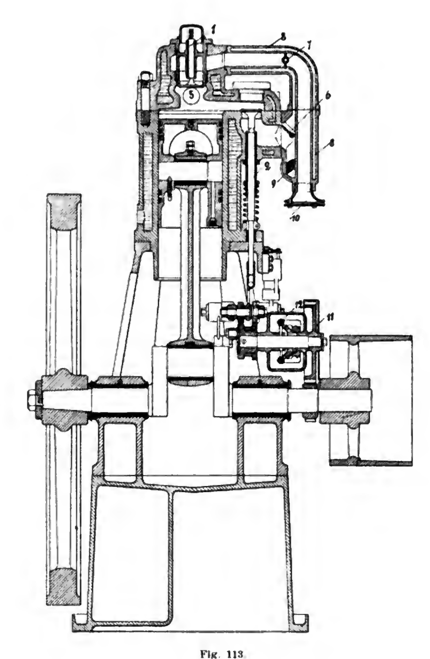


Fig. 113.

Fig. 112 und 113.

1 Einlaßventil. — *2* Auslaßventil. — *3* Magnet. — *4* Abreißgestänge für die Zündung. — *5* Zündstutzen. — *6* Regulierklappe für Beheizung der Anwärmekammer. — *7* Luftregulierklappe. — *8* Heizmäntel. — *9* Auspuffstutzen. — *10* Lufteintritt. — *11* Steuerräder. — *12* Regulator. — *13* Luftpumpe für den Brennstoffbehälter. — *14* Brennstoffpumpenhebel.

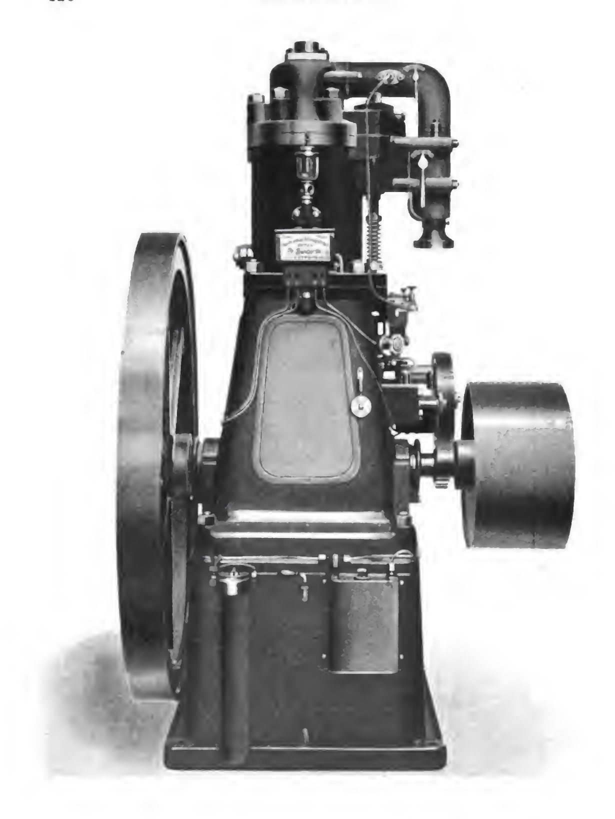


Fig. 114. Swiderskis Motor für flüssige Brennstoffe.

Ortsfester Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin und Benzol), gebaut von der Motorenfabrik „Oberursel" A.-G. in Oberursel bei Frankfurt a. M.

Stehende Bauart mit niedriger Tourenzahl.

(Fig. 115 bis 118.)

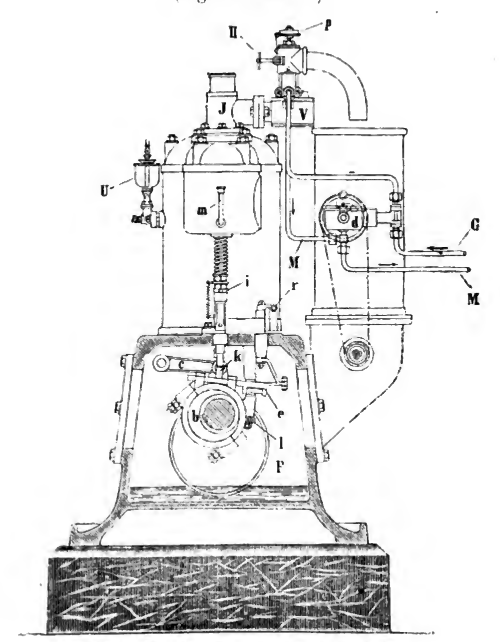


Fig. 115. Oberurseler Motor (Schnitt durch den Sockel).

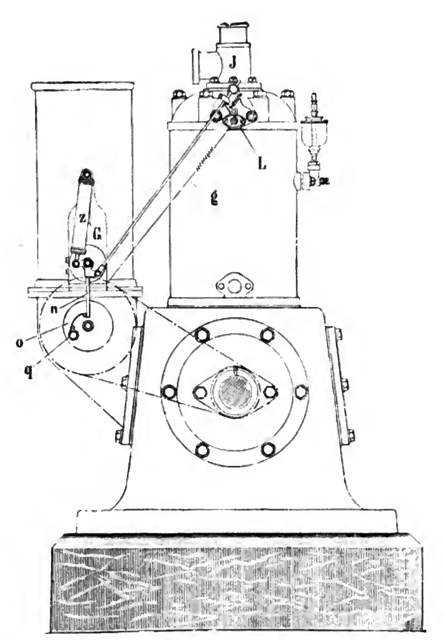


Fig. 116. Oberurseler Motor (Seitenansicht).

Fig. 115 und 116.

F Motorkasten (Sockel). — *G* (Fig. 115) Brennstoffzufluß. — *H* Luftschieber. — *J* Einlaßventilgehäuse. — *L* Zündstutzen. — *M* Brennstoffrückleitung. — *p* Brennstoffregulierschraube. — *V* Mischgehäuse. — *l* Kompressionsentlastung. — *k* Druckstange für das Auslaßventil. — *c* Steuerhebel. — *e* Teil zur Regulierung. — *r* Regulatorgestänge. — *g* Stromleitung. — *z* Federgehäuse. *n* Zunge auf der Ankerachse. — *o* Nockenfeder, welche die Ankerzunge bewegt. — *q* Abnehmbares Stück für Früh- und Spätzündung.

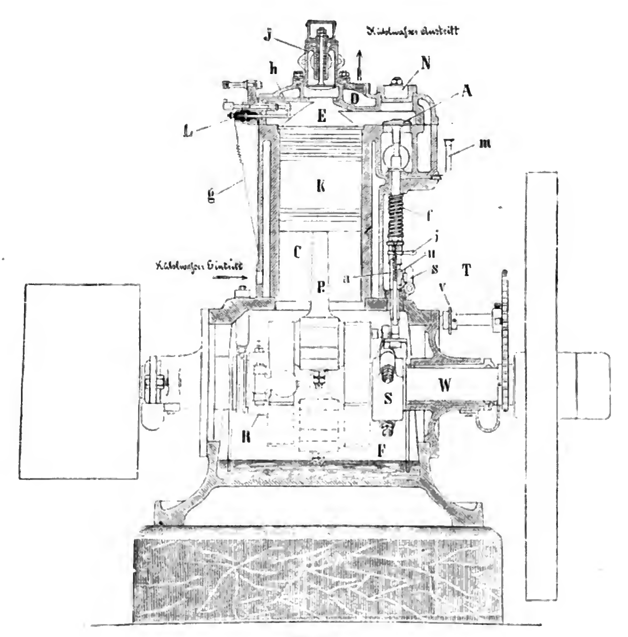


Fig. 117.

Oberurseler Motor für flüssige Brennstoffe.

A Auslaßventil. — *N* Deckel für das Auslaßventilgehäuse. — *D* Kühlraum. — *h* Innerer Zündhebel. — *E* Verbrennungsraum. — *u*, *s* Klinken, durch welche das Auslaßventil zwecks Geschwindigkeitsregulierung in erhobener Stellung abgestützt wird. — *v* Kettenrad für den Antrieb der Brennstoffpumpe. — *T* Kettenrad für den Antrieb des »Magneten«. — *R* Regulator. *S* Steuerungsexzenter mit »Nutenweiche« für die Bewegung des Auslaßventils.

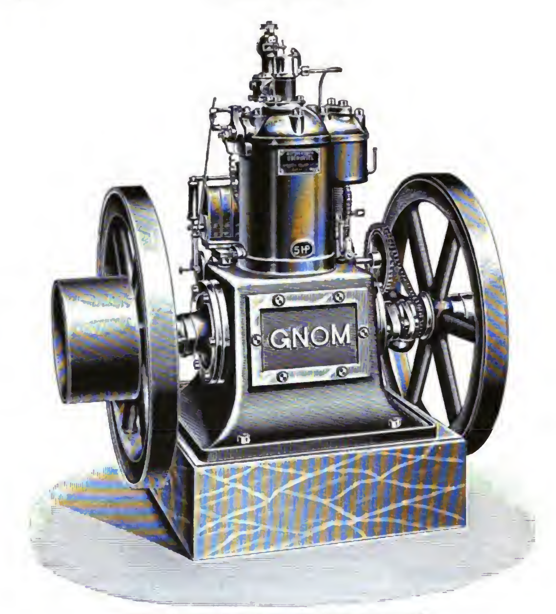


Fig. 118. Oberurseler Motor für flüssige Brennstoffe.

Preisliste des in Fig. 119 dargestellten Oberurseler Motors für den Betrieb mit Benzin, Spiritus und Petroleum. (Liegende Bauart.)

Maschinengröße in Nutz-PS	6	8	10	12	15	18	22	30
	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.
Preis des Motors für Gewerbebetrieb inkl. Zubehör und Ersatzteile	2600	2800	3300	3850	4800	5800	6800	7800
Mehrpreis des Motors, wenn mit Außenlager, verlängerter Welle und einem Schwungrad gewünscht	100	100	125	125	150	150	200	200
Mehrpreis des Motors, wenn Schwungmassen zur elektr. Lichterzeugung f. Gleichförmigkeitsgrad ca. 1 : 70 vergrößert .	140	180	200	220	240	270	300	400
Fundamentschrauben und Platten für Ziegelsteinfundament	30	30	40	40	50	50	60	80

Preisliste des in Fig. 115 bis 118 dargestellten Oberurseler Motors »Gnom« für den Betrieb mit Benzin und Benzol. (Stehende Bauart.)

Größenbezeichnung nach PS	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25
Leistung in PS bis zu ca.	$1^1/_2$	3	4	5	$6^1/_4$	$7^1/_2$	10	12	15	18	24	28
Preis einschl. Benzinapparat mit magnet-elektrischer Zündung . . . . M.	1250	1500	1850	2150	2375	2675	3300	3750	4300	4850	6150	7350
Höhe des Motors . . cm	95	100	105	110	120	130	135	155	170	185	185	220
Breite des Motors (Richtung der Kurbelwelle) . cm	105	115	115	130	140	150	160	180	195	210	220	225
Länge (Tiefe) des Motors »	70	80	85	90	100	100	110	120	130	140	150	160
Durchmesser des Schwungrades . . . . . cm	70	80	85	90	100	2 à 100	2 à 110	2 à 120	2 à 130	2 à 140	2 à 150	2 à 160
Kranzbreite desselben	6	7	7	$7^1/_2$	8	8	8	8	9	10	10	11
Durchm.d Riemenscheibe	20	30	30	40	40	50	60	65	70	70	75	80
Breite » » »	15	18	20	20	22	30	30	35	35	35	45	50
Tourenzahl pro Minute . .	400	360	360	350	300	300	290	280	270	260	250	250
Bruttogewicht . . ca. kg	600	880	920	980	1230	1630	1840	2250	2650	3420	3800	4400
Nettogewicht . . . »	500	740	780	840	1080	1450	1670	2060	2450	3200	3500	4000

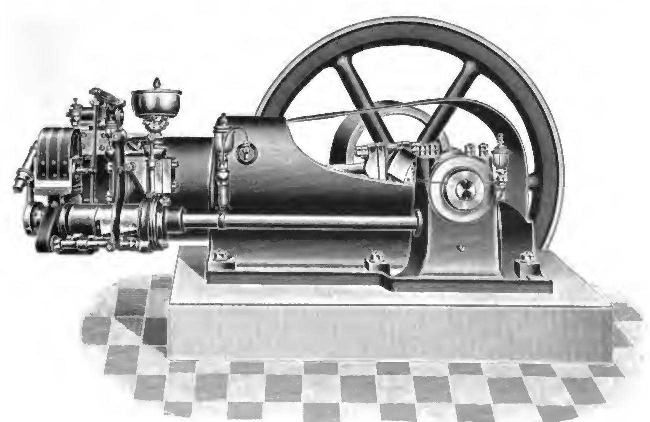


Fig. 119.
Ortsfester Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen, Benzin, Spiritus und Petroleum, gebaut von der Motorenfabrik Oberursel A.-G. in Oberursel bei Frankfurt a. M.
Liegende Bauart mit niedriger Tourenzahl. Gemischbildung durch Brennstoffpumpe und Brause

Ortsfester Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen, System „Gardner", gebaut von Bieberstein & Goedicke in Hamburg.

Liegende Bauart mit geringer Tourenzahl in Größen von $^3/_4$ bis 55 PS.

(Fig. 120 und 121.)

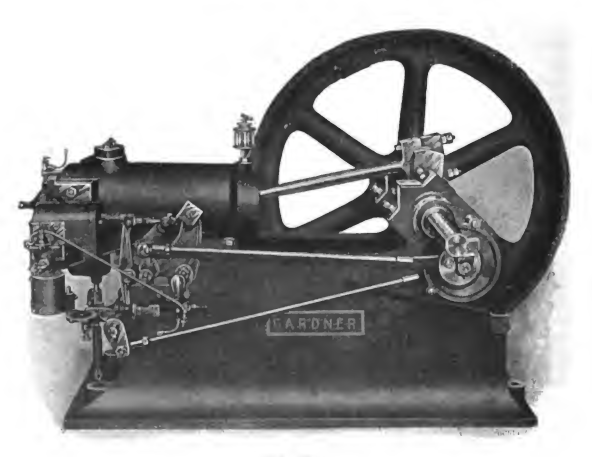


Fig. 120

Gardner Motor für flüssige Brennstoffe, Type 3 bis 5.

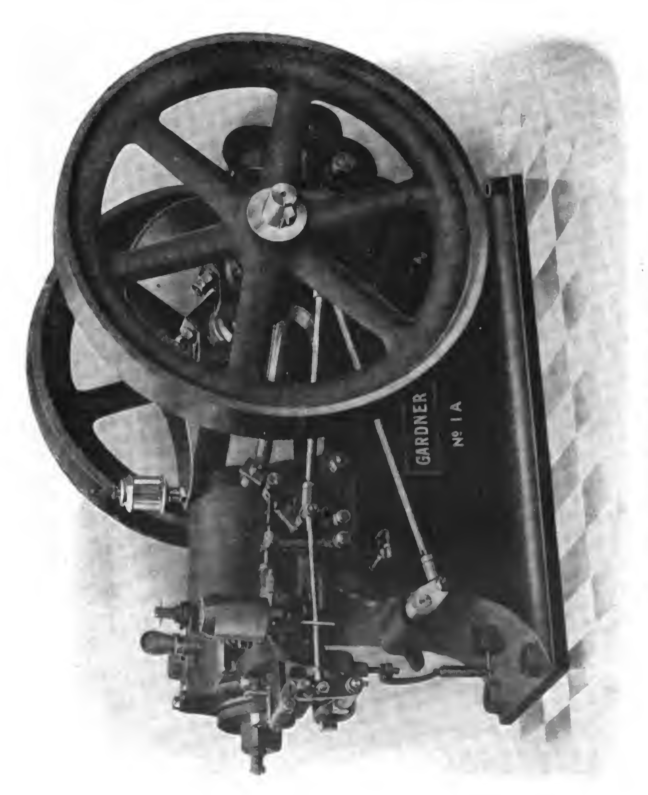


Fig. 121. Gardner Motor für flüssige Brennstoffe. Type 1—2 A.

Preisliste der in Fig. 120 und 121 dargestellten Gardner Motoren für flüssige Brennstoffe.

Type Nr.	Umdrehungen pro Minute	Bremsleistung in PS bei Betrieb mit Benzin	Bremsleistung in PS bei Betrieb mit Petroleum	Gewicht des kompl. Motors in kg Brutto ca.	Gewicht des kompl. Motors in kg Netto ca.	Normale Riemenscheibe Durchmesser mm	Normale Riemenscheibe Breite mm	Schwungrad Durchmesser mm	Schwungrad Breite mm	Preis des kompletten Motors für den Betrieb mit Benzin und Spiritus m. Magn.-Zdg. M.	Preis des kompletten Motors für den Betrieb mit Petroleum mit Glührohr-Zdg. M.	Mehrpreis 2. Schwungrad M.	Mehrpreis Lichttype M.
0	450	0,75	0,75	150	125	150	130	457	76		760	30	
1	350 400	1,3 1,5	1,3 1,5	250	195	150	130	610	76	985	900	45	
1 A	320 350	1,8 2	1,8 2	360	310	200	130	762	102	1300	1230	60	
2	300 340	2,5 3	2,5 3	590	500	200	150	914	102	1580	1560	100	
2 A	300 340	3,5 4	3,25 3,5	600	510	200	150	914	102	1750	1700	100	
3	260 280 300	5 5,4 5,8	4,5 4,8 5	910	715	350	250	990	127	2150	2150	130	235
4	250 270 280	6 6,5 6,7	5,3 5,7 5,9	1030	810	400	250	1067	127	2400	2400	150	250
4 A	240 260 270	8,5 9,3 9,6	7 7,7 8	1310	1120	500	290	1143	127	2800	2800	190	300
5	230 250 260	10,4 11,3 11,8	8 8,5 9	1650	1400	600	310	1219	152	3300	3300	220	350
6	220 240 250	12 13 13,6	10,3 11,2 11,7	2050	1800	700	350	1372	178	3800	3800	275	450
7	210 220 240	17 20 21	16 18 19,5	3250	2820	850	350	1524	178	4600	4750	350	575
8	200 220 230	22 24 25,5	19,5 21 22,5	3360	2980	1000	370	1575	178	5000	5400	375	625
9	190 200 220	26 27,5 28	24 25,5 28	5390	4690			2 Schwungräder 1625	177	6400	7000		700
10	190 200 220	32 33,5 37	30 31,5 34,5	5650	5050			1651	203	7600	8400		750
11	180 190 200	39,5 41,5 44	35 37 39	7000	6280			1676	229	8800	9600		800
12	180 190 200	49 52 55	44 46,5 49	7700	6800			1727	229	10700	11200		875
12 A	180 190 200		47 50 54	8000	7000			1727	229	11500	12000		875

Ortsfeste Motoren für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen, gebaut von Tangyes Limited, Cornwall Works, Birmingham.

Liegende Bauart mit niedrigen Tourenzahlen in Größen von 2 bis 40 PS.

(Fig. 122 bis 129.)

Die Motoren sind auch in Deutschland eingeführt und werden in Hannover von der Firma M. H. Thofehrn vertreten.

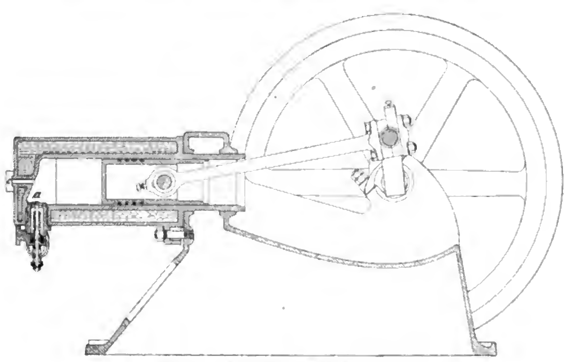


Fig. 122. Längsschnitt des Tangye-Motors.

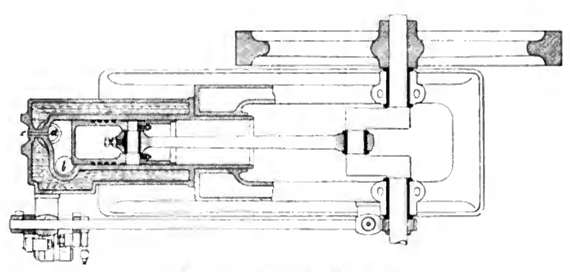


Fig. 123. Horizontalschnitt des Tangye-Motors.

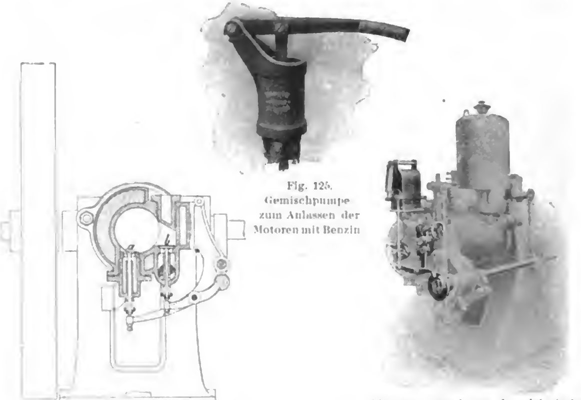


Fig. 125. Gemischpumpe zum Anlassen der Motoren mit Benzin

Fig. 124. Querschnitt des Tangye-Motors.

Fig. 126. Anordnung der elektrischen Zündung.

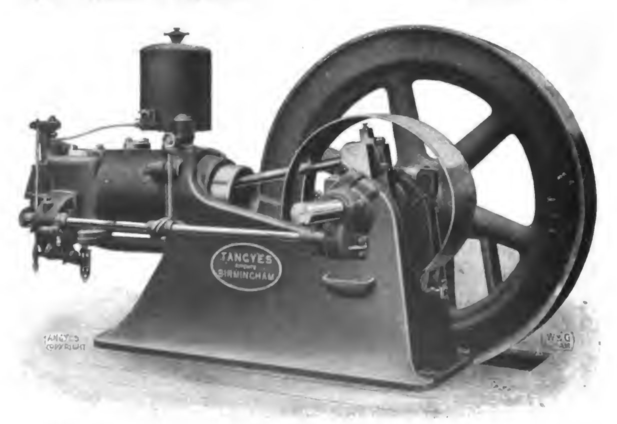


Fig. 127. Tangye-Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin, Benzol und Petroleum) für kleine Kräfte.

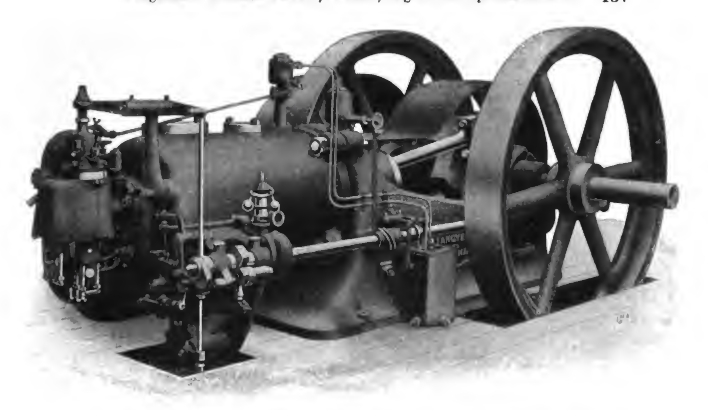


Fig. 128. Tangye-Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin, Benzol und Petroleum) für große Kräfte.

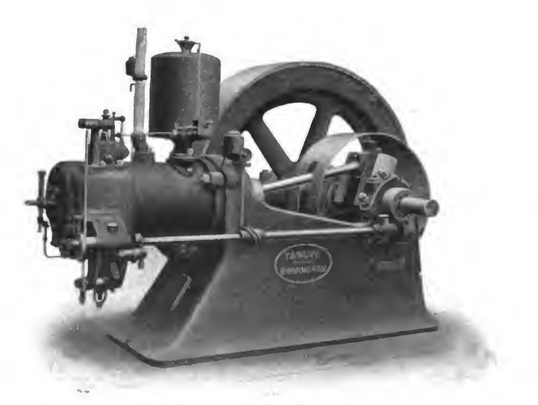


Fig. 129. Tangye-Motor für den Betrieb mit Spiritus.

Ortsfester Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin, Benzol, Ergin und Spiritus), System Söhnlein, gebaut von „Solos“, Motorengesellschaft m. b. H. in Wiesbaden.

Zweitaktmotor mit niedriger Tourenzahl.

(Fig. 130 und 131.)

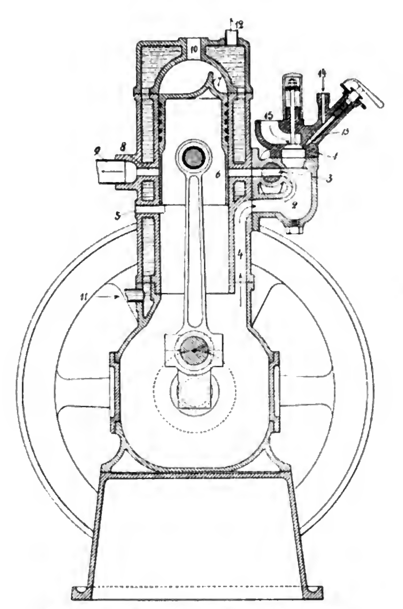


Fig. 130. Söhnlein-Motor (ventilloser Zweitaktmotor).

1 Einlaßventil. *2* Gemischkammer. — *3* Hahn zur Geschwindigkeitsregulierung. *4* Luftkanal vom Kurbelgehäuse. *5* Lufteintrittsschlitz. — *6* Eintrittsschlitz in den Arbeitszylinder für vorverdichtete Luft. *7* Brücke auf dem Kolben, zum Ableiten des Gemisches nach dem Verbrennungsraum zu. *8* Auspuffschlitz. — *9* Auspuffrohr. *10* Öffnung für den Zündstutzen. *11* Kühlwassereintritt. *12* Kühlwasseraustritt. — *13* Brennstoffventil. *14* Brennstoffeintritt. *15* Lufteintritt.

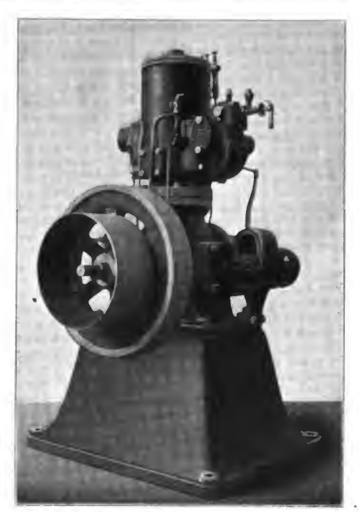


Fig. 131. Söhnlein-Motor (ventilloser Zweitakt).

Preisliste des in Fig. 130 und 131 dargestellten Söhnlein-Motors.

Kolbengeschwindigkeit 2,5 m pro Sekunde.

Type	Zylinder- Zahl	Bohrung	Hub	Pferdekräfte	Umdr. pro Minute	Preis des Motors für Batt.-Zdg. in Mark	Zuschlag f. Magn.-Zdg. in Mark
I/1	1	80	100	1,5	750	800	175
II/1	1	100	120	3	600	950	175
III/1	1	120	150	4	500	1200	175
VI/1	1	150	225	6,5	330	1600	200
IV/2	2	150	225	13	330	3200	225
III/3	3	120	150	11	500	3500	225
IV/3	3	150	225	19	330	4600	250
IV/4	4	150	225	26	330	6200	280

Kolbengeschwindigkeit 4 m pro Sekunde.

Type	Zylinder- Zahl	Bohrung	Hub	Pferdekräfte	Umdr. pro Minute	Preis des Motors mit Batt.-Zdg. in Mark	Zuschlag f. Magn.-Zdg. in Mark
I/1	1	80	100	3	1200	800	175
II/1	1	100	120	4,5	1000	950	175
III/1	1	120	150	6,5	800	1200	175
IV/1	1	150	225	10,5	530	1600	200
I/2	2	80	100	6	1200	1600	200
II/2	2	100	120	9	1000	1900	200
III/2	2	120	150	13	800	2400	200
IV/2	2	150	225	21	530	3200	225
I/3	3	80	100	9	1200	2400	225
II/3	3	100	120	13	1000	2800	225
III/3	3	120	150	19	800	3500	225
IV/3	3	150	225	31	530	4600	250
I/4	4	80	100	12	1200	3000	250
II/4	4	100	120	18	1000	3600	250
III/4	4	120	150	26	800	4500	250
IV/4	4	150	225	42	530	6200	280

Ortsfester Motor für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen (Benzin, Benzol, Ergin und Spiritus), System Banki, gebaut von Ganz & Co.,

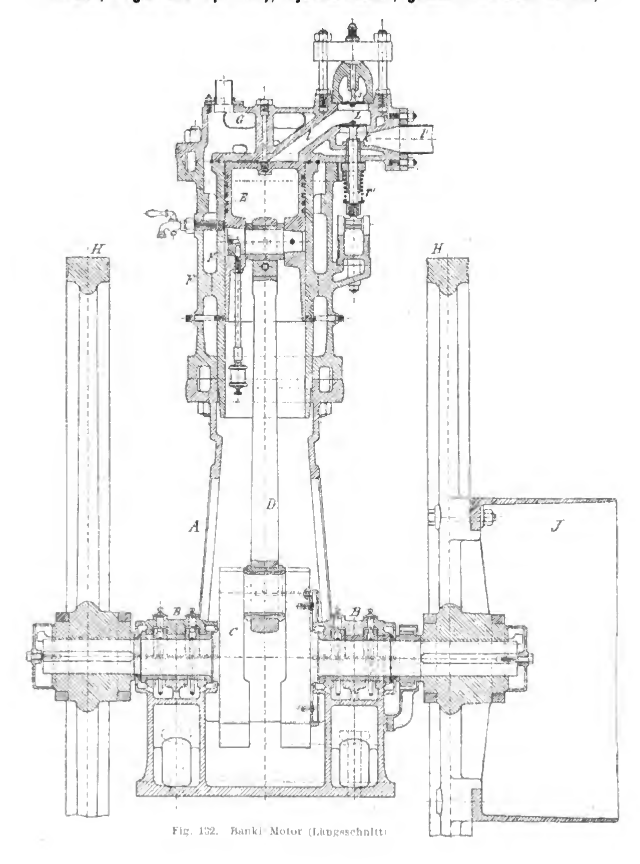


Fig. 132. Banki-Motor (Längsschnitt).

Eisengießerei Maschinenfabrik-Akt.-Ges. in Budapest, Ratibor und Leobersdorf. (Fig. 132 und 133.) Beim Benzinbetrieb arbeitet die Maschine mit Wassereinspritzung.

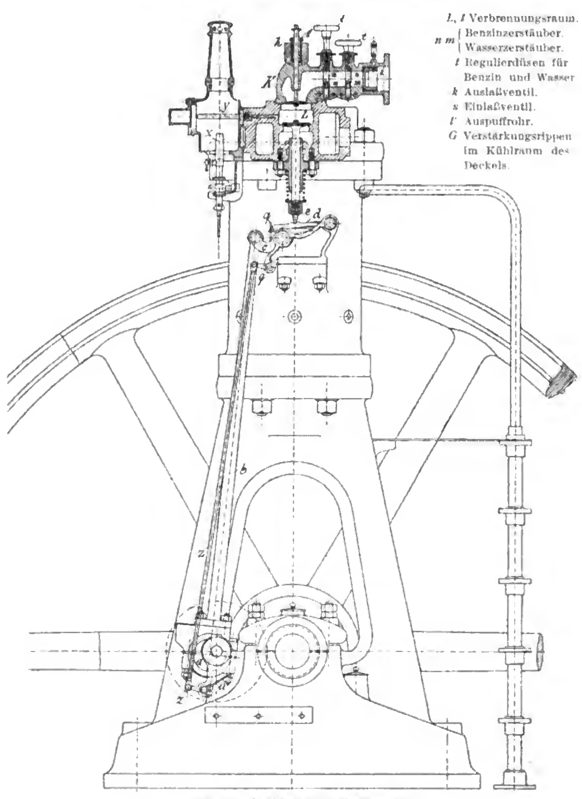


Fig. 133. Banki-Motor (Seitenansicht).

Siebenter Abschnitt.

Zeitgemäße ortsfeste Motoren für den Betrieb mit Petroleum und Rohöl.

Wie schon erwähnt, sind in jüngster Zeit keine hervorragenden Verbesserungen an den mit Gemischbildung während des Saughubes arbeitenden Petroleum- und Rohölmotoren zu verzeichnen. Der im dritten Abschnitt bereits besprochene Capitaine-Motor und der Oberurseler Motor »Gnom« sind die einzigen Maschinen dieser Art, welche sich in ungeänderter Form in Deutschland bis heute behauptet haben. Für Österreich könnte noch der in Fig. 134 und 135 dargestellte Banki-Motor hinzugerechnet werden.

Ebenso steht es mit den Motoren, bei welchen die Gemischbildung während des Verdichtungshubes eintritt. Auch hier ist es immer noch die alte, von Akroyd herrührende Konstruktion, wie sie im dritten Abschnitt schon ausführlich besprochen ist, welche auf den Markt gebracht wird. Die in neuerer Zeit gebauten Zweitaktmotoren dieses Systems, bei denen dem eingespritzten Petroleum Wasserstaub zugesetzt wird, bieten im Grunde genommen ebensowenig neues, sie sind eine Vereinigung des Söhnleinschen ventillosen Zweitaktes mit dem Akroydmotor, bei dem die Bankische Wassereinspritzung benutzt wird.

Im Gegensatz zu diesen geringen Fortschritten bei den **mit** Gemischbildung arbeitenden Maschinen ist die Ausbildung der **ohne** Gemischbildung arbeitenden Petroleummotoren zu einer hohen Stufe der Vollendung gediehen. Vertreter dieses Systems ist bekanntlich der **Dieselmotor,** er zählt heute zu den Kraftmaschinen, welche für mittlere und große Kräfte hinsichtlich Billigkeit und Zuverlässigkeit des Betriebes alle anderen Wärmekraftmaschinen überflügelt.

Der Brennstoffverbrauch eines 200 PS-Dieselmotors, welcher mit Paraffinöl von 9789 WE gespeist wurde, lag zwischen den Grenzen von 179 und 183 g für die Stundenpferdekraft.

Eine dem Dieselmotor sehr ähnliche Maschine ist der von der Aktiengesellschaft Gebr. Körting in Hannover gebaute »Trinklermotor«. Auch hier wird die Luft für sich allein hoch verdichtet und der Brennstoff zu Anfang des Arbeitshubes durch besonders hoch verdichtete Luft eingeblasen. Im Gegensatz zum Dieselmotor wird aber die Einblaseluft nicht durch eine gesonderte Pumpe gefördert, welche die Luft direkt aus der Atmosphäre entnimmt,

sondern es wird gegen Ende des Verdichtungshubes ein bestimmtes Luftquantum von der schon stark verdichteten Zylinderluft abgezweigt und einem stärkeren Druck wie im Zylinder unterworfen. Diese besonders hoch verdichtete Luft bewirkt dann das Einblasen des schon vorher in der Einspritzdüse abgelagerten Brennstoffes, der sich ebenso wie beim Dieselmotor sofort selbsttätig entzündet.

Der Trinklermotor ist in Fig. 142 bis 144 dargestellt.

Ortsfester Motor für den Betrieb mit Petroleum (System Banki), gebaut von Ganz & Co. in Budapest.

(Fig. 134 bis 135.)

Der Motor arbeitet mit Gemischbildung. Als Gemischbilder dient die im vierten Abschnitt beschriebene Einrichtung. Das Zündrohr wird nur zu Anfang des Betriebes erhitzt.

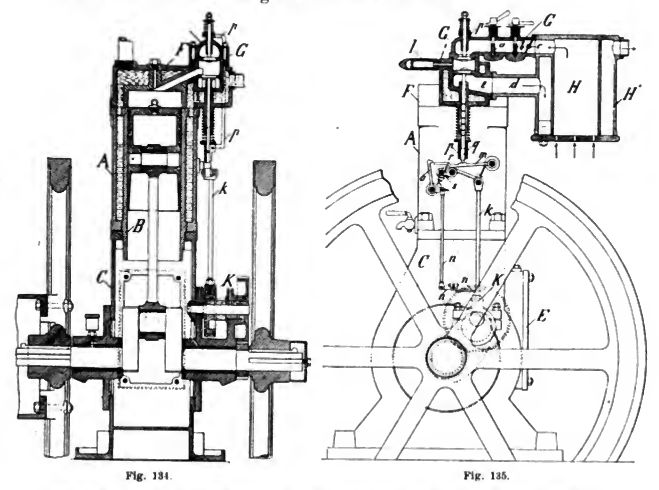


Fig. 134. Fig. 135.

A Wassermantel. — *B* Zylindereinsatz. — *C* Kurbelgehäuse und Sockel. — *E* Deckel des Kurbelgehäuses. — *F* Zylinderkopf. — *G* Gemischbilder. — *H*, *H'* Auspufftopf und Luftanwärmer. *a* Benzinzerstäuber. *b* Wasserzerstäuber. *c* Luftregulierung. *p* Bügel zum Zuhalten des Einlaßventils während der Aussetzerperioden. *m* Druckhebel. *q* Druckstift zum Heben des Auslaßventils. — *K* Exzenter. — *k* Exzenterstange. *n* Regulatorgestänge. — *o*, *r*, *s* Gestänge zum Abstützen des Auslaßventils in gehobener Stellung, zwecks Geschwindigkeitsregulierung des Motors.

Ortsfester Dieselmotor für den Betrieb mit Petroleum und Rohöl, gebaut von der Firma „Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. Werk Augsburg".

(Fig. 136 bis 143.)

Über die Arbeitsweise des Motors ist schon im dritten Abschnitt berichtet. Brennstoffkosten bei Waggonbezug des Rohöls $^1/_4$ bis 2 Pf. pro PS-Stunde je nach der Größe des Motors und Ortslage.

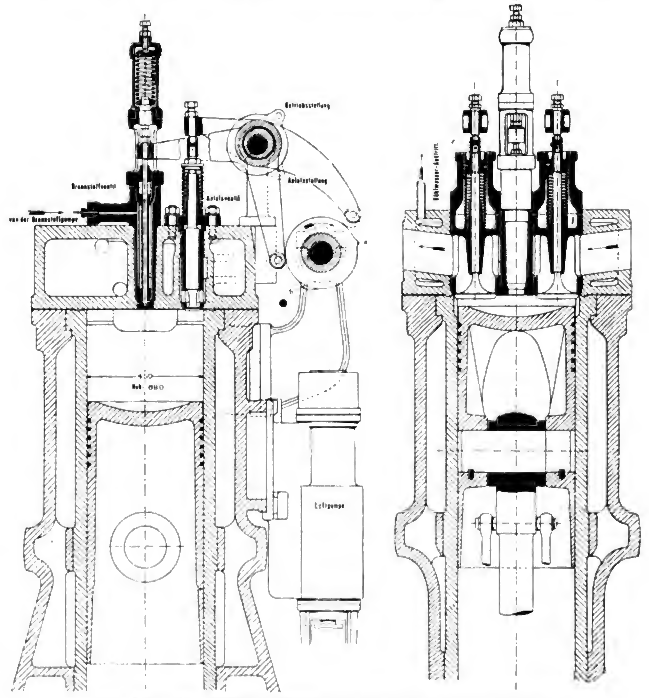


Fig. 136 und 137. Dieselmotor (Schnitte durch den Zylinder und die Ventile).

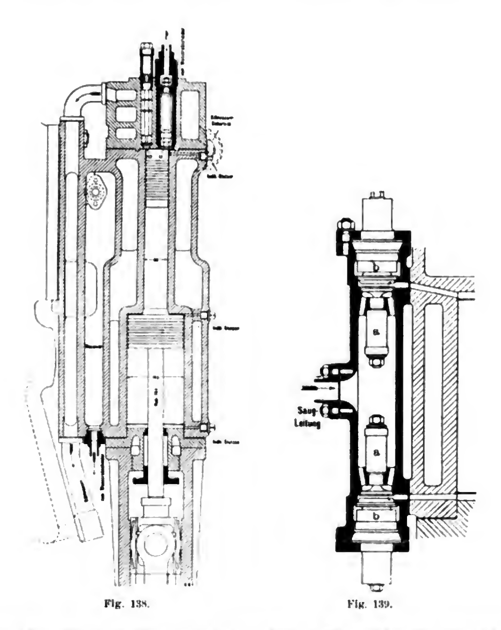


Fig. 138. Fig. 139.

Zweistufige Luftpumpe des Dieselmotors, welche die Luft für Zerstäubung des Brennstoffes liefert. Fig. 139, *a* und *b* Saug- und Druckventile der ersten Pumpenstufe.

Fig. 140 und 141.

Aufstellung eines Dieselmotors.

A Auslaßventil. — *B* Einlaßventil für den Brennstoff. — *E* Einlaßventil für die Betriebsluft. — *V* Druckluftventil zum Ingangsetzen des Motors. — *S* Nocken für Betätigung der Ventile. — *H* Steuerwelle. — *P* Brenntsoffpumpe (im vierten Abschnitt genau beschrieben). — *G* Handgriff zum Anlassen. — *L* Luftpumpe, welche die Luft zum Einblasen des Brennstoffs liefert, in Fig. 138 und 139 in großem Maßstabe dargestellt.

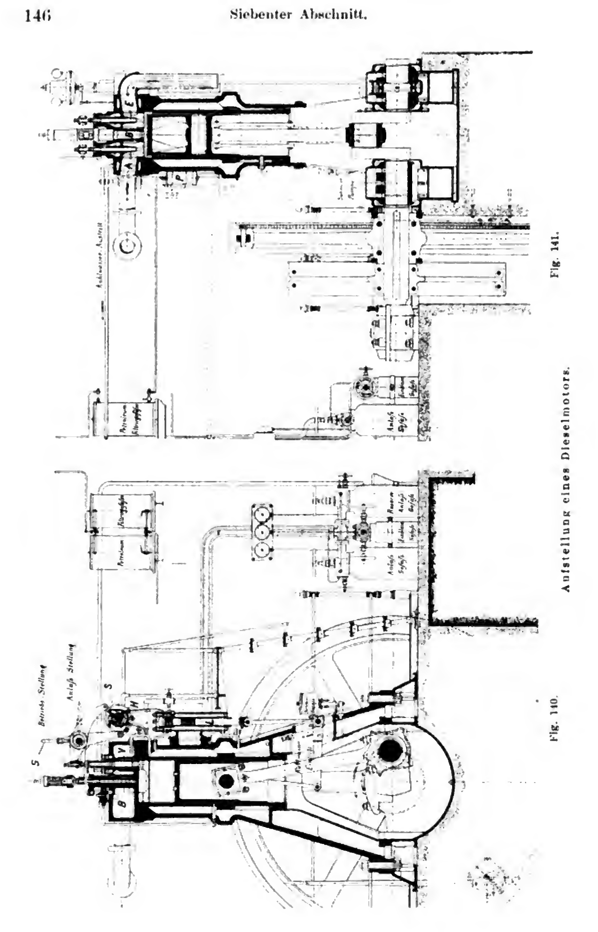


Fig. 140. Fig. 141.

Aufstellung eines Dieselmotors.

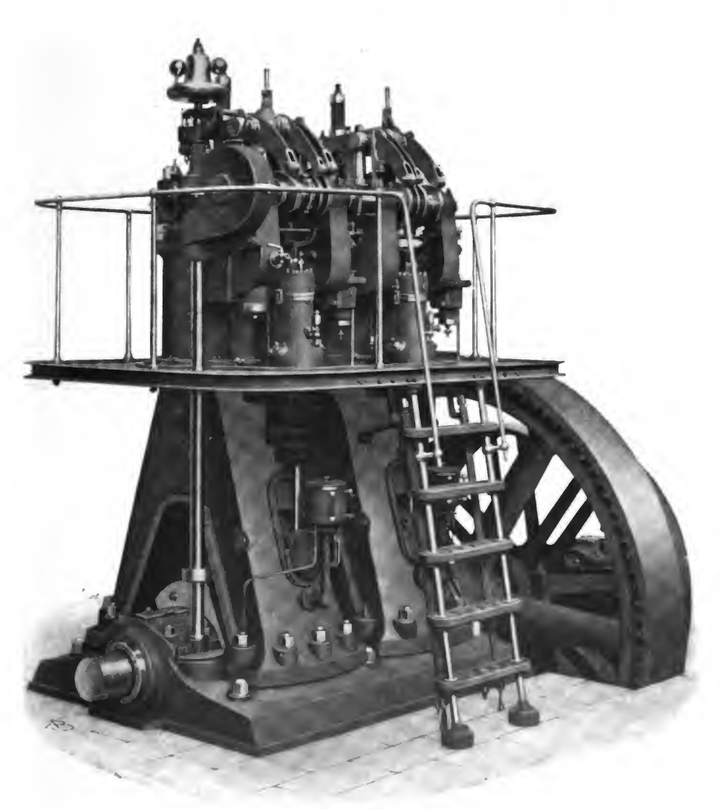


Fig. 142.

Dieselmotor von 120 PS, gebaut von der Maschinenfabrik »Augsburg«. (Vorderansicht.)

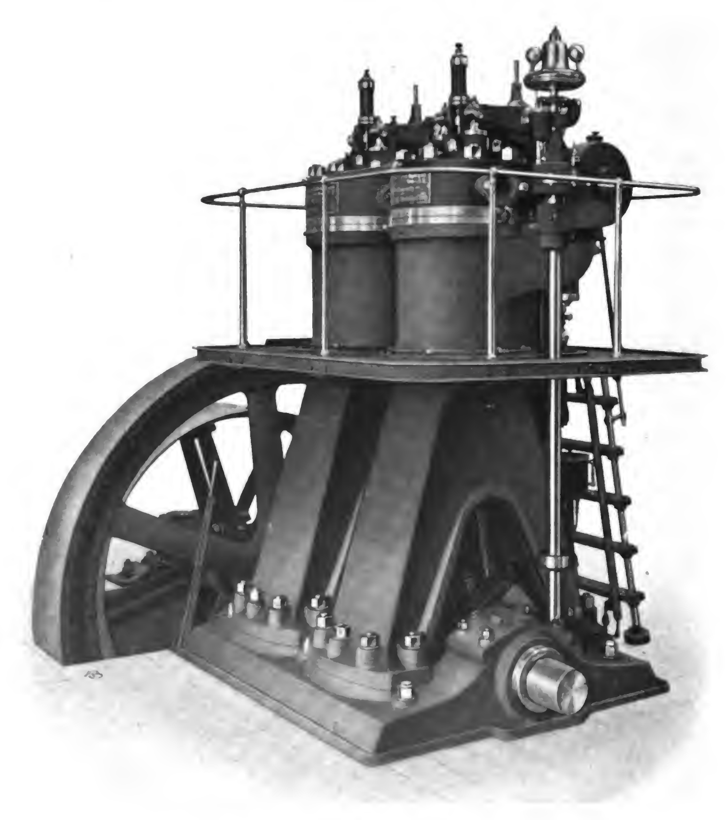


Fig. 143.
Dieselmotor von 120 PS, gebaut von der Maschinenfabrik »Augsburg«. (Hinteransicht.)

Preisliste der Dieselmotoren, gebaut von der Maschinenfabrik »Augsburg«.

Einzylinder-Motoren.

Normalleistung PS eff.	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	100	125	150	200
Umdrehungen pro Minute	270	255	250	235	215	205	195	190	180	170	165	160	160	160	155	155	140
Schwungrad-Durchmesser (ca. Millimeter)	1600	1800	1900	2100	2400	2500	2640	2700	2900	3100	3200	3300	3400	3500	3700	3850	4300
Außenmaße der Motoren: quer zur Welle (ca. Millimeter)	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4300	4800
Außenmaße der Motoren: parallel zur Welle (ca. Millimeter)	1700	1800	1900	2200	2350	2450	2550	2700	2900	3100	3300	3500	3900	4300	4700	5200	6000
Außenmaße der Motoren: Höhe über Fußboden (ca. Millimeter)	1875	1925	2000	2200	2450	2600	2700	2900	3100	3300	3500	3700	3900	4200	4500	5000	5500
Erwünschte Lokalhöhe (mit Rücksicht auf Montieren) (ca. Millimeter)	2800	3000	3200	3500	3900	4100	4300	4500	4700	5100	5400	5800	6500	6900	7700	8100	9000
Fundamenttiefe (ca. Millimeter)	1000	1200	1400	1600	1800	1900	2000	2000	2100	2200	2200	2400	2600	2800	3000	3100	3200
Gewicht ungefähr[1] netto kg	1900	2400	3000	4400	5500	6600	8000	9500	11000	13500	16500	19000	21500	26000	33000	40000	60000
Gewicht ungefähr[1] brutto »	2400	3000	3600	5000	6400	7500	9000	10500	12000	15000	18000	21000	24000	29000	36000	44000	65000
Mark, netto frei Verlade-Stat.	5000	5700	6700	8700	9700	10800	12000	13200	14600	17000	19500	22000	24600	29500	35000	41000	56000

Zweizylinder-Motoren.

Normalleistung PS eff.	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	200	250	300	400
Umdrehungen pro Minute	235	215	205	195	190	180	170	165	160	160	160	155	155	140
Schwungrad-Durchmesser (ca. Millimeter)	2 100	2 400	2 500	2 640	2 700	2 900	3 100	3 200	3 300	3 400	3 500	3 700	3 850	4 300
Außenmaße der Motoren: quer zur Welle (ca. Millimeter)	2 600	2 800	3 000	3 200	3 300	3 400	3 500	3 600	3 700	3 800	3 900	4 000	4 300	4 800
Außenmaße der Motoren: parallel zur Welle (ca. Millimeter)	3 100	3 300	3 500	3 700	3 900	4 150	4 400	4 400	4 600	4 800	5 100	5 500	6 000	8 000
Außenmaße der Motoren: Höhe über Fußboden (ca. Millimeter)	2 200	2 450	2 600	2 700	2 900	3 100	3 300	3 500	3 700	3 900	4 200	4 500	5 000	5 500
Erwünschte Lokalhöhe (mit Rücksicht auf Montieren) (ca. Millimeter)	3 600	3 950	4 100	4 400	4 600	4 800	5 200	5 500	5 900	6 600	7 000	7 800	8 200	9 200
Fundamenttiefe (ca. Millimeter)	1 800	2 000	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	2 600	2 700	2 900	3 200	3 600	3 600	3 800
Gewicht ungefähr[1] netto kg	7 000	9 000	11 000	13 000	15 000	18 000	22 500	27 500	32 000	36 500	44 000	54 000	66 000	98 000
Gewicht ungefähr[1] brutto »	8 200	10 500	12 500	14 500	17 000	20 000	25 000	30 000	35 000	40 000	48 000	58 000	70 000	106 000
Mark, netto frei Verlade-Stat.	15 000	17 000	19 000	21 300	23 600	26 000	30 500	35 000	40 000	45 000	54 500	65 000	76 000	106 000

Größere Motoren mit drei und vier Zylindern nach besonderer Vereinbarung.

[1]) Bei Ungleichförmigkeitsgrad des Schwungrades von 1/30 für Einzylinder-Motoren und 1/70 für Zweizylinder-Motoren.

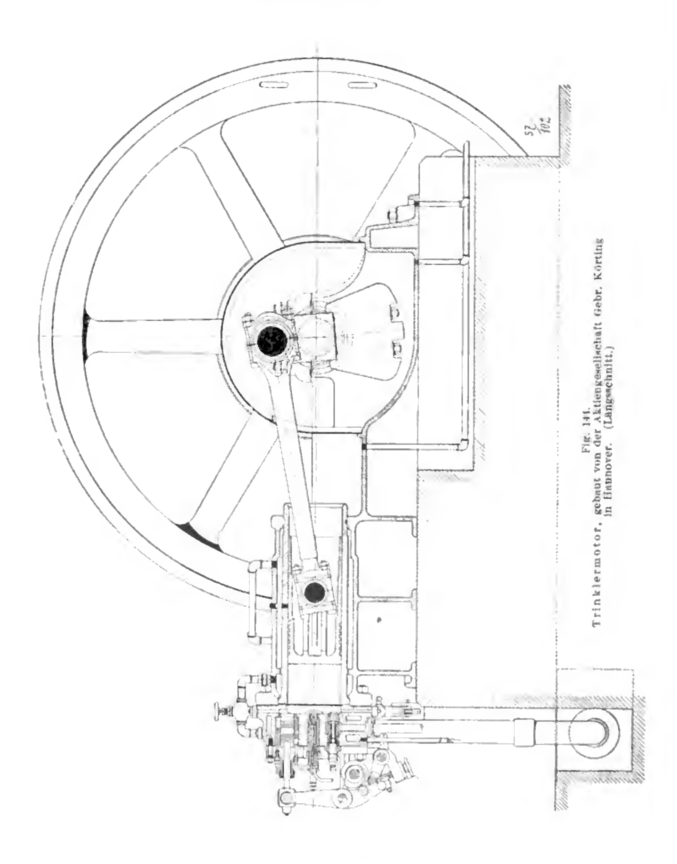


Fig. 141.
Trinklermotor, gebaut von der Aktiengesellschaft Gebr. Körting in Hannover. (Längsschnitt.)

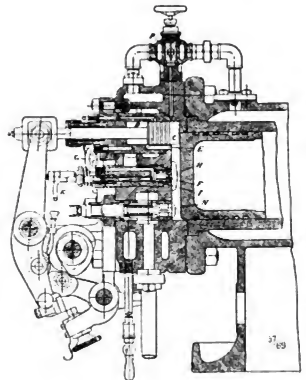


Fig. 145.

Trinklermotor, gebaut von der Aktiengesellschaft Gebr. Körting. (Schnitt durch die Steuerung.)

C Einblasekolben für die Hochdruckluft.
D Kammer für die Hochdruckluft.
E Ausgleichkanal, welcher Kammer und Verbrennungsraum verbindet.
G Übertrittskanal nach der Einspritzdüse.
F Einspritzdüse.
I Brennstoffventil.
K Brennstoffleitung.
H Mündung der Einspritzdüse.

Der Brennstoffverbrauch eines 12 PS-Motors, welcher mit Rohöl von 9863 WE gespeist wurde, betrug 221 g für die Stunden-Pferdestärke.

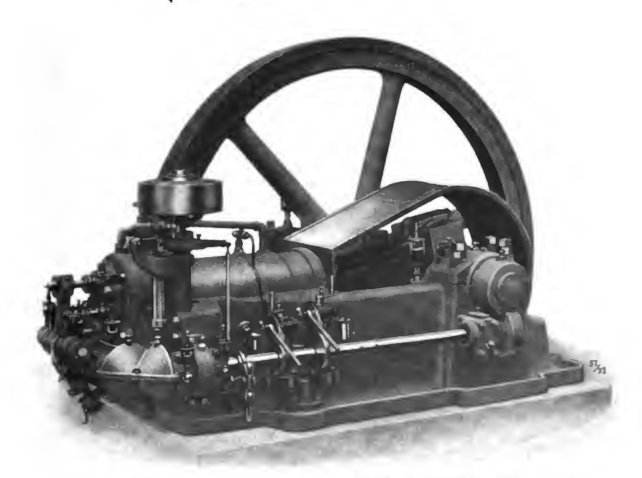


Fig. 146. Trinklermotor, gebaut von der Aktiengesellschaft Gebr. Körting in Hannover.

In allerneuester Zeit wird ein sehr interessanter Petroleummotor von der »Bronsmotorenfabrik« in Appingedamm (Holland) auf den Markt gebracht, welcher nach eigenartigem Verfahren arbeitet. Während der Ansauge- und Verdichtungsperiode bildet sich ein sehr wenig Brennstoffdämpfe enthaltendes, immerhin aber bei hoher Verdichtung zündbares Gemisch. Durch die Verbrennung dieses Gemisches — Temperaturerhöhung und Erschütterung der einzelnen Teilchen — wird ein bis dahin von der Mischung mit Luft bewahrtes Brennstoffquantum plötzlich zerstäubt und verdampft.

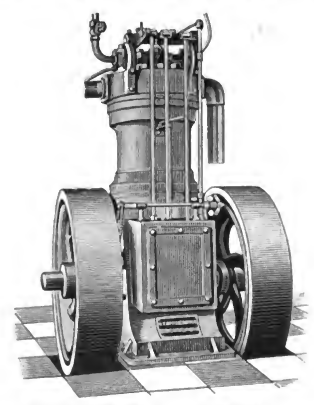


Fig. 147. Petroleum- und Rohölmotor der Bronsmotorenfabrik in Appingedamm (Holland).

Der solcherart plötzlich gebildete Brennstoffdampf kommt mit der überschüssigen Luft in ausreichende Berührung, um verbrennen zu können. Der Verbrennungsdruck wird hierdurch in ähnlicher Weise wie beim Dieselmotor für kurze Zeit auf gleicher Höhe erhalten. Der Brennstoffverbrauch soll auch für kleine Motoren ein sehr günstiger sein. Ein 8 PS-Motor braucht $^1/_4$ l Rohöl pro St. u. PS.

Die Verdichtung ist so hoch, daß die Zündung selbsttätig eingeleitet wird. Der Auspuff ist klar und geruchlos.

In Fig. 147 ist der Motor in äußerer Ansicht dargestellt. Über Einzelheiten der Konstruktion waren keine Angaben zu erhalten.

Achter Abschnitt.

Fahrzeugmotoren.

Die Bemühungen, Straßenfahrzeuge durch Kraftmaschinen zu bewegen, sind älter wie die Erfindung des von der Dampfmaschine betriebenen Schienenfahrzeuges, der Lokomotive. Schon vor Watts Zeiten finden sich Bestrebungen, die Dampfmaschine in ihrem damaligen sehr niedrigen Entwicklungsstand für den Betrieb der Straßenfahrzeuge nutzbar zu machen, namentlich waren es französische Ingenieure, welche sich mit der Lösung dieser Aufgabe beschäftigten; so war es z. B. schon im Jahre 1769 dem Ingenieur Cugnot in Paris gelungen, einen mit einer zweizylindrigen Dampfmaschine ausgerüsteten Straßenwagen so weit zu vervollkommnen, daß er damit in den Straßen von Paris »Probefahrten« machen und Geschwindigkeiten bis 4 km in der Stunde erreichen konnte. Auch englische Ingenieure beschäftigten sich zu jener Zeit vielfach mit dem gleichen Problem. Alle Bemühungen schlugen aber fehl, die Dampfmaschine selbst war viel zu wenig entwickelt, um unter so schwierigen Verhältnissen, wie sie der Betrieb eines Straßenfahrzeuges darbot, genügen zu können.

Als ein günstigerer Boden für die Verwendung der Dampfmaschine erwies sich zu jener Zeit das Schienenfahrzeug. Hier führten die Bemühungen englischer Ingenieure sehr bald zu einem vollen Erfolg. Im Jahre 1829 gelang es George Stephenson, eine Lokomotive zu bauen, welche sich im Betriebe bewährte und bis auf den heutigen Tag vorbildlich im Lokomotivbau geblieben ist.

Nach diesen Erfolgen mit Schienenfahrzeugen glaubte man, deren Konstruktionen auch auf die Straßenfahrzeuge übertragen zu können und begann mit Versuchen, die sich bis Anfang der sechziger Jahre hinzogen, ohne daß man aber damit auf den rechten Weg gekommen wäre. Das Resultat war nicht ein Wagen für Personen- und Lastentransport, wie man ihn im Auge hatte, sondern die bekannten unbehilflichen Straßenlokomotiven, wie sie heute für den Betrieb von Dampfpflügen und Chausseewalzen benutzt werden. Erst mit Erfindung des Gasmotors und der Erkenntnis, daß auch flüssige Brennstoffe für den Betrieb dieser Maschinen geeignet wären, also zu Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre, ist man dann, mit Verwendung des Benzinmotors in das richtige Fahrwasser gelangt.

Mehrfache Versuche, die für ortsfeste Zwecke bestimmten Motoren damaliger Zeit für den Betrieb von Schienenfahrzeugen zu benutzen, ergaben zufriedenstellende Resultate. Es kam nur noch darauf an, das Gewicht der Motoren zu verringern, ihre Kraft durch Vergrößerung der Umdrehungszahl zu verstärken und durch Ausgleichen der hin und her schwingenden Maschinenteile die störenden Erschütterungen für das Wagengestell zu beseitigen.

In welchem Maß dies bei den Verbrennungsmotoren im Laufe weniger Jahre gelungen ist, darüber legen nachstehende Angaben hinsichtlich der Gewichtsverminderung Zeugnis ab.

Die ersten im Jahre 1880 für den Betrieb von Schienenfahrzeugen benutzten ortsfesten Benzinmotoren erforderten einen Materialaufwand von ca. 500 kg für die Pferdestärke. Durch Daimlers Bemühungen wurde bis zum Jahre 1886 eine Verminderung des Gewichts bis auf 40 kg erreicht. Das Jahr 1896 brachte durch den von der französischen Firma Dion & Bouton konstruierten luftgekühlten Fahrradmotor eine weitere Verminderung des Gewichtes auf 12 kg für die Pferdestärke, und heute baut die Société Antoinette in Paris Motoren mit einem Materialaufwand von $1^1/_4$ bis 1 kg für die Pferdestärke. In 27 Jahren also eine Verminderung des Gewichtes von 500 kg auf 1 kg. Dabei arbeiten alle diese Motoren im Viertakt, d. h. nur der vierte Teil der Umdrehungen, welche die Maschine macht, ist krafterzeugend. Es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß der ventillose Zweitakt, wie er im sechsten Abschnitt beschrieben wurde, auch für Fahrzeugmotoren lebensfähig wird; ferner ist es wahrscheinlich, daß Brennstoffe dargestellt werden, die eine höhere Verdichtung wie das jetzt gebräuchliche Benzin zulassen. Durch beides wird sich der Fahrzeugmotor wesentlich verstärken lassen, und sind somit Aussichten vorhanden, das Gewicht der Maschinen noch weiter vermindern zu können.

Neben dem geringen Gewicht bieten die Verbrennungsmotoren gegenüber den Dampfmaschinen auch noch andere sehr wesentliche Vorzüge, durch welche sie sich für den Betrieb von Straßenfahrzeugen besonders eignen. Dahin gehört ihr großes Wärmeausnutzungsvermögen, ihre unmittelbare Betriebsbereitschaft, ihr geringes Wartungsbedürfnis, die starke Konzentration und die flüssige Form des Brennstoffes, durch welche seine bequeme Unterbringung auf dem Fahrzeug ermöglicht wird. Das alles sind Eigenschaften, auf welche die Dampfmaschine nur sehr geringe Ansprüche machen kann.

Neben diesen Lichtseiten der Verbrennungsmotoren dürfen aber auch ihre Schattenseiten nicht verschwiegen werden. Es fehlt ihnen heute noch die leichte Umkehrbarkeit der Drehungsrichtung und das selbsttätige Angehen, wie es die Dampfmaschine besitzt, und sie haben namentlich die Schwäche, daß ihre Kraftleistung bei starker Verringerung der Umdrehungszahl unverhältnismäßig schnell sinkt. Es mangelt den Maschinen noch an Einheitlichkeit der Konstruktion, man kann noch nicht in dem Maß von Normalkonstruktionen sprechen, wie das bei den Lokomotiv-Dampfmaschinen der Fall ist.

Als Normalien für den Bau der Fahrzeugmotoren wären heute nur zu bezeichnen die stehende Bauart, die Mehrzylindermotoren, die einander gegenüberliegenden Ventile, das gesteuerte Einlaßventil, das gemeinsame Gußstück für den Zylinder mit Boden und Ventilgehäusen. Eine übergroße Mannigfaltigkeit herrscht noch bei den Zündeinrichtungen und den Gemischbildern.

So bedeutend die Erfolge im Bau der Fahrzeugmotoren auch sind und so schnell sie erreicht wurden, abgeschlossen ist ihre Entwicklung nicht im entferntesten. Vor allen Dingen fehlt ihnen noch die Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit, um sie nicht nur für Luxus- und Sportfahrzeuge, sondern auch für die Zwecke des Verkehrs und in gewerblichen Betrieben mit Nutzen verwenden zu können. Die Vervollkommnung der Kraftfahrzeuge bietet den heranwachsenden Ingenieuren also noch ein weites, aussichtsvolles Arbeitsfeld. Ihnen wird zu Hilfe kommen, daß das allgemeine Verständnis für die Technik sich durch das immer stärkere Eindringen der »Maschine« in unsere Lebensführung heben muß und auch der Laie im Umgang mit Maschinen immer gewandter werden wird.

Fahrzeugmotor System Benz.

Schon im dritten Abschnitt über den Entwicklungsgang der Benzin- und Petroleummotoren ist der Daimlersche Benzinmotor, welcher als Grundlage für die Konstruktion der heutigen Fahrzeugmotoren gedient hat, des Näheren beschrieben worden. Gleichzeitig mit Daimler war auch Benz, der Begründer der Rheinischen Gasmotoren-Aktiengesellschaft Mannheim, mit Versuchen für die Herstellung eines Fahrzeugmotors für einen Straßenwagen beschäftigt. Er verwendete für seine ersten Versuche liegende, ganz nach Art der ortsfesten Motoren gebaute Maschinen, und hat diese Bauart

mit geringen Änderungen auch bis Mitte der neunziger Jahre für den Betrieb seiner Straßenfahrzeuge beibehalten.

In Fig. 148 und 149 ist dieser ältere Motor dargestellt. Zur Gemischbildung diente der zu jener Zeit gebräuchliche Karburator, bei dem die Betriebsluft durch eine größere Benzinmenge hindurch angesaugt wurde.

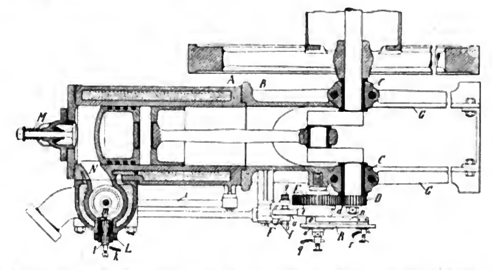


Fig. 148. Alter Fahrzeugmotor System Benz aus dem Jahre 1896. (Horizontalschnitt.)

A Arbeitszylinder. — *B* Maschinenrahmen. — *C* Kurbelachslager. — *D* Kleines Steuerrad. — *E* Großes Steuerrad. — *e* Auslaßnocken. — *d* Kompressionsentlastungsnocken. — *f* Handhabe zur Verschiebung der Nockenrolle *a*, zwecks Betätigung der Kompressionsentlastung. — *g* Feder, welche die Rolle *a* in die Lage für den normalen Betrieb drückt. — *O* Kontaktscheibe für die Zündung. — *n* Kontaktfeder. — *q* und *r* Stromleitungen. — *G* Verlängerungen des Maschinenrahmens. — *L* Zündstutzen, nach Art der Zündkerze. — *l* Isolation. — *K* Stromleitung. — *m* Drähte, an denen der Funke überspringt. — *N* Auslaßkanal. — *M* Beiluftventil.

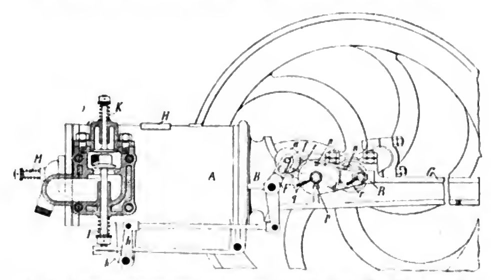


Fig. 149. Alter Fahrzeugmotor System Benz aus dem Jahre 1896. (Seitenansicht.)

R Drehbarer Hebel zur Verlegung des Zündzeitpunktes. — *h* Auslaßhebel. — *i* Zwischenhebel zur Verminderung des Seitendruckes auf die Auslaßventilspindel. — *l* Auslaßventil. — *K* Selbsttätiges Einlaßventil. — *n* Kontaktfeder. — *p* Unterbrecherstück. — *a* Rolle am Auslaßventilhebel. — *F* Auslaßventilhebel.

Fahrzeugmotor System Dion-Bouton.

Eine weitere bedeutungsvolle Erscheinung auf dem Gebiete der Fahrzeugmotoren ist auch der von der französischen Firma de Dion & Bouton in der ersten Hälfte der neunziger Jahre auf den Markt gebrachte Fahrradmotor gewesen. Zum ersten Mal sehen wir

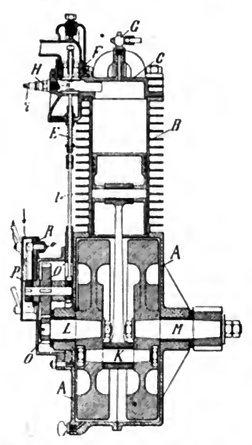


Fig. 150. Dion-Bouton-Motor in seiner ursprünglichen Form. (Längsschnitt.)

A Kurbelgehäuse aus Aluminium. — *B* Arbeitszylinder mit Kühlrippen. — *C* Verbrennungsraum — *E* Auslaßventil. — *F* Einlaßventil. — *G* Hahn zur Verringerung des Verdichtungswiderstandes beim Anlassen. — *H* Zündkerze. — *L*, *M* Achsschenkel. — *K* Kurbelzapfen. — *O O'* Steuerräder — *P* Unterbrecherscheibe für die Zündung. — *R* Drehbare Platte zur Verlegung der Zündzeit — *n* Zündkerze. — *l* Stromleitung.

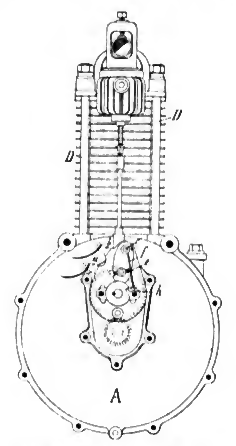


Fig. 151. Dion-Bouton-Motor. (Seitenansicht.)

A Kurbelgehäuse aus Aluminium. — *D* Verbindungsstangen zwischen Zylinderdeckel und Kurbelgehäuse. — *a*, *b* Stromleitungen für die Zündung. — *c* Zapfen der Unterbrecherfeder. — *e* Verstellbarer Kontaktstift. — *f* Unterbrecherfeder. — *h* Kopf der Unterbrecherfeder.

bei diesem Motor die Benutzung von Aluminium für geeignete Teile, die Verwendung von Akkumulatoren als Stromquelle für die Zündung, und die »Kühlrippen« quer zur Zylinderachse, durch welche der Arbeitszylinder gekühlt wird, und welche gleichzeitig eine Verminderung der Zylinderwandstärke ermöglichen.

Ferner sind zu nennen: die »Zündkerze«, der Stromunterbrecher an Stelle des Neefschen Hammers und endlich die Erhöhung der Umdrehungszahl bis auf 1500 pro Minute und darüber. Alles in allem waren an diesem Motor eine Anzahl von bedeutenden Erfindungen und Konstruktionsneuheiten vereint, wie sie selten anzutreffen sind. Es kam hinzu, daß alle diese Neuerungen sich im praktischen Gebrauch bewährten und bis auf den heutigen Tag benutzt werden.

In den Fig. 150 und 151 ist der Dion-Bouton-Motor in seiner ursprünglichen Konstruktion dargestellt.

Fahrzeugmotor System „Canello-Dürkopp“ (1900).

Als ein weiterer Vorläufer heutiger Konstruktion der Fahrzeugmotoren für schwerere Wagen ist das System Canello-Dürkopp zu bezeichnen, welches in den Fig. 152 und 153 dargestellt ist. Wie ersichtlich, haben wir es hier als wesentliche Neuerung mit einem Zweizylindermotor zu tun; die Zylinder sind dicht aneinander gerückt und bilden ein Gußstück; auch die heute übliche Anordnung der Ventilgehäuse auf gegenüberliegenden Seiten findet sich vor.

Im übrigen arbeitet der Motor aber noch mit Glührohrzündung und ungesteuertem Einlaßventil. Als weiterer Mangel finden sich noch gleichgerichtete Kurbeln, zu deren Ausbalanzierung ein schweres Gegengewicht angebracht ist. Bei dieser Anordnung der Kurbeln kann man zwar die Treibhübe in regelmäßigen Zeitabschnitten aufeinanderfolgen lassen, der Massenausgleich mit einem Gegengewicht an der Kurbel ist aber ein sehr unvollkommenes Mittel. Heute versetzt man die Kurbeln solcher Motoren allgemein um 180°, der Massenausgleich erfolgt dann selbsttätig durch gleichgestaltene und gleichschwere Organe in nahezu vollkommener Weise. Allerdings folgen sich die Treibhübe nun nicht mehr in gleichen Zeitabschnitten, sondern es liegt einmal die Dauer einer vollen Umdrehung dazwischen, während das nächste Mal die Treibhübe unmittelbar aufeinanderfolgen. Trotz dieser unregelmäßig aufeinander folgenden Krafthübe sind aber die Erschütterungen des Wagengestells nicht im entferntesten so stark wie bei gleichgerichteten und durch Gegengewichte ausbalanzierten Kurbeln.

Sehr eigenartig und als nicht nachahmenswert zu bezeichnen war an diesem Motor die Geschwindigkeitsregulierung. Es war eine Aussetzerregulierung, welche durch G e s c h l o s s e n h a l t e n des Auslaßventils bewirkt wurde, also durch »Kneten« der Auspuffgase im Zylinder, wie sie gelegentlich bei Besprechung der verschiedenen Regulierarten im vierten Abschnitt beschrieben wurde.

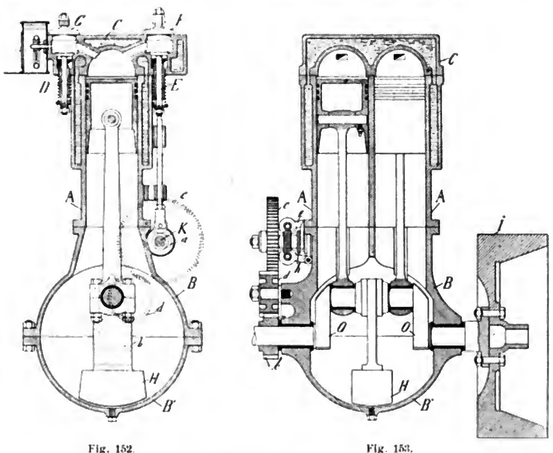


Fig. 152. Fig. 153.

Fahrzeugmotor Canello-Dürkopp.

A Arbeitszylinder. — *B* Kurbelgehäuse. — *C* Zylinderdeckel mit angegossenen Ventilgehäusen. *D* Selbsttätiges Einlaßventil. — *E* Auslaßventil. — *F* Auslaßventildeckel — *G* Einlaßventildeckel. — *H* Gegengewicht. — *I* Schwungrad. — *K* Steuerwelle. — *O* Kurbelarme. — *b*, *d*, *c* Steuerräder. — *h*, *e* Regulator, welcher die Steuerwelle zwecks Geschlossenhaltens der Auslaßventile verschiebt.

Zeitgemäße Fahrzeugmotoren.

Vierzylindermotor der Adlerwerke vorm. Heinrich Kleyer, Aktiengesellschaft in Frankfurt a. M.

(Fig. 154, 155 und 156.)

Das Motorengehäuse bildet mit dem Getriebekasten ein Gußstück, wie aus Fig. 156 ersichtlich. Eine besondere Fundament-

platte aus Stahlblech, siehe Fig. 155, vermittelt die Verbindung mit dem eigentlichen Wagenrahmen. Hierdurch wird ein starrer und sicherer Halt für die Kurbelachse gewonnen und eine solide Einkapselung aller gegen Staub und Schmutz empfindlichen Organe.

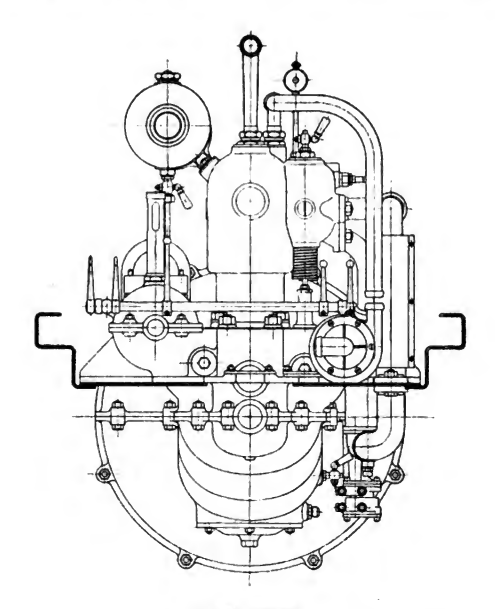


Fig. 154. Stirnseite.

Vierzylindermotor der Adlerwerke vorm. Heinrich Kleyer, Aktiengesellschaft in Frankfurt a. M.

Alle Zahnräder für die Steuerung laufen in Öl. Die Zylinder sind paarweise zusammengegossen und von einem gemeinsamen Wassermantel umgeben. Regulator-Zündung und Gemischbilder liegen leicht zugänglich unterhalb des gemeinsamen Motorengehäuses.

Als Stromerzeuger für die Zündung wird der »Bosch-Lichtbogenapparat« verwendet. Gemischbilder und Regulator sind im vierten Abschnitt ausführlich beschrieben.

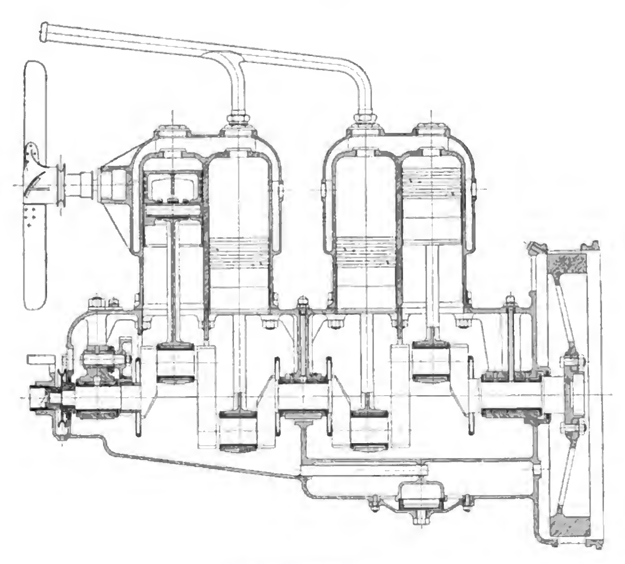


Fig. 155. Längsschnitt.

Vierzylindermotor der Adlerwerke vorm. Heinrich Kleyer, Aktiengesellschaft in Frankfurt a. M.

Fig. 156. Vierzylindermotor der Adlerwerke vorm. Heinrich Kleyer, Aktiengesellschaft in Frankfurt a. M. Ansicht des gemeinsamen Gehäuses für Motor und Getriebe.

Vierzylindermotor der Daimler-Motorengesellschaft in Cannstatt.

(Fig. 157, 158 und 159.)

Die Ventile sind an gegenüberliegenden Seiten der Zylinder angeordnet. Der Gemischbilder ist im vierten Abschnitt ausführlich beschrieben. Die Zündung erfolgt durch Abreißvorrichtung. Zur Stromerzeugung dient der magnetelektrische Apparat System Bosch.

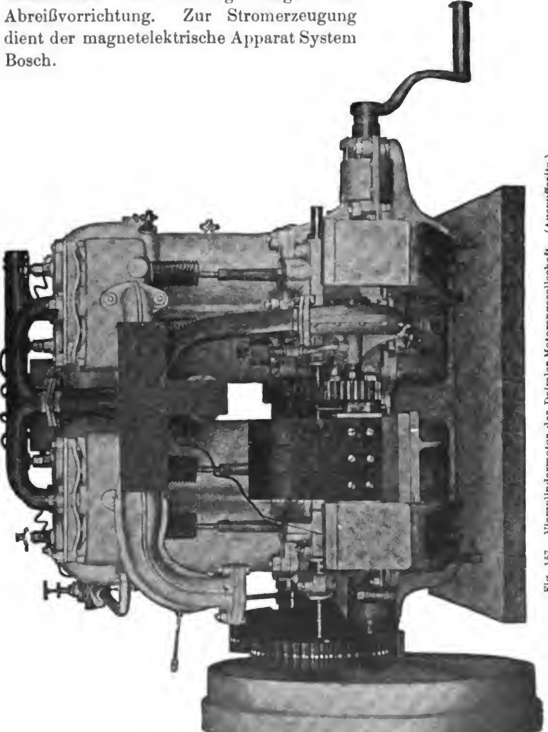


Fig. 157. Vierzylindermotor der Daimler-Motorengesellschaft. (Auspuffseite.)

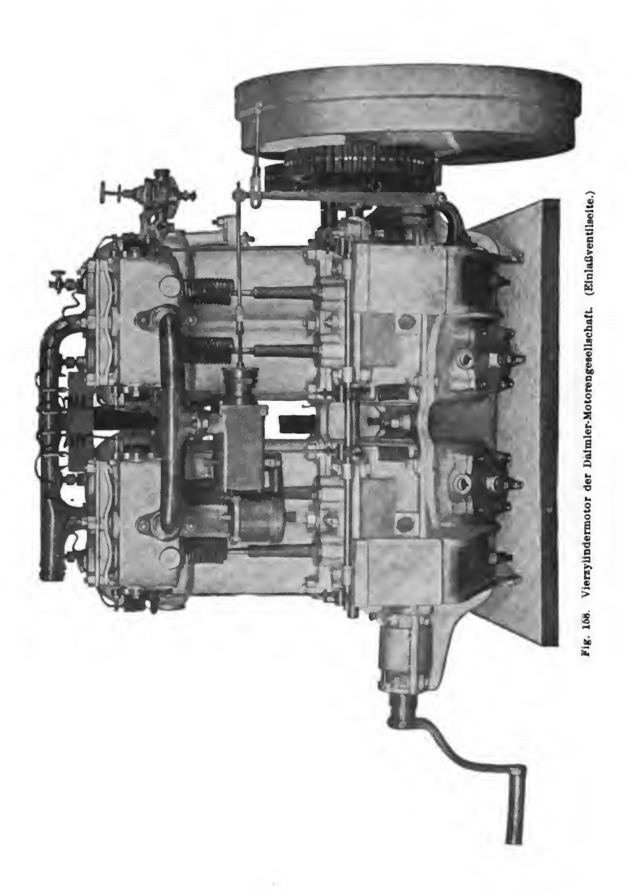


Fig. 158. Vierzylindermotor der Daimler-Motorengesellschaft. (Einlaßventilseite.)

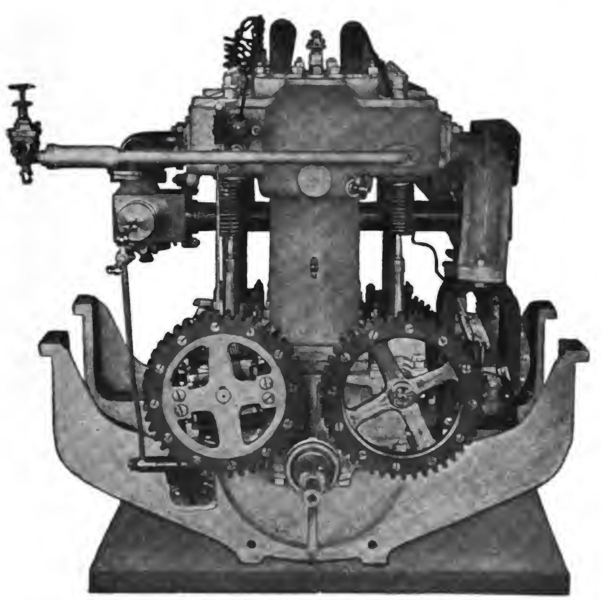


Fig. 159. Vierzylindermotor der Daimler-Motorengesellschaft. (Stirnseite.)

Sechszylindermotor von Achenbach & Co. in Hamburg I. Marke „Hexe“.

(Fig. 160, 161, 162 und 163.)

Die Zylinder sind getrennt gegossen, die Ventile liegen an gegenüberliegenden Seiten des Zylinders. Der Kühlmantel über dem Verbrennungsraum ist durch einen leicht lösbaren Deckel verschlossen. Die Kurbeln der Nickelstahlachse sind um je 120° symmetrisch zur Mittelebene versetzt. Die Zündungen folgen nach den Zylindern geordnet in der Reihenfolge 1, 2, 3, 6, 5, 4 und werden durch Abreißvorrichtungen betätigt. Auf Wunsch werden die Motoren auch mit Doppelzündung, Abreiß- und Kerzenzündung ausgerüstet.

Als Gemischbilder wird das System »Claudel« verwendet, welches eine Veränderung der Umdrehungszahl zwischen 120 und 1800 zuläßt.

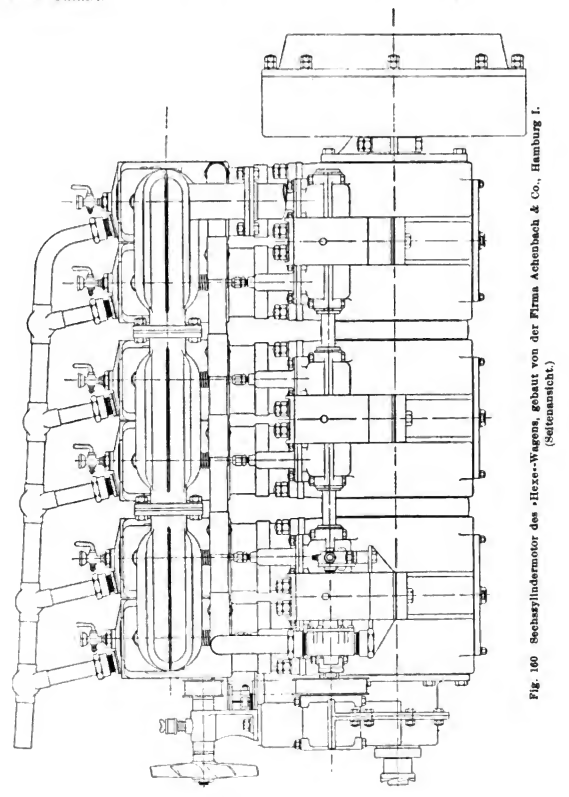


Fig. 160 Sechszylindermotor des »Hexe«-Wagens, gebaut von der Firma Achenbach & Co., Hamburg I. (Seitenansicht.)

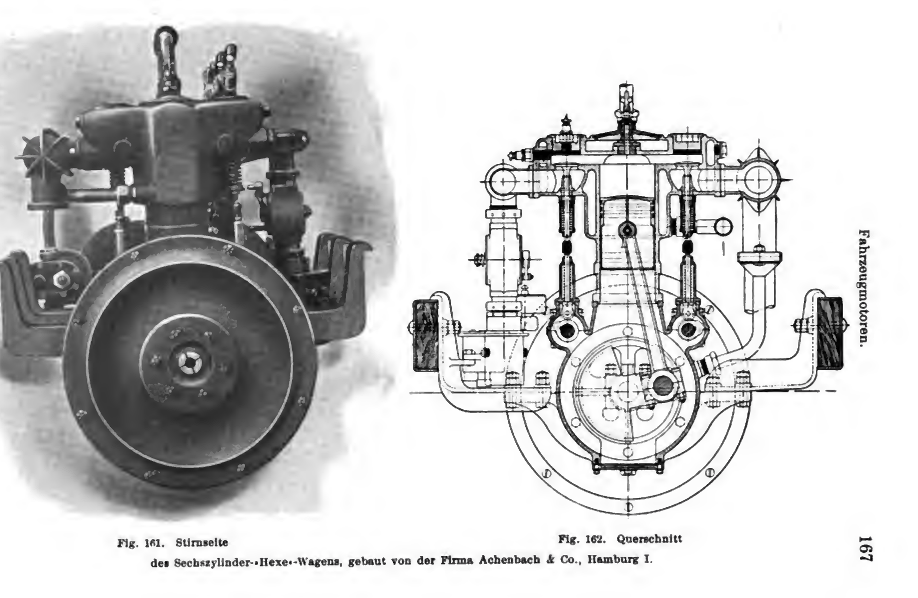


Fig. 161. Stirnseite Fig. 162. Querschnitt
des Sechszylinder-»Hexe«-Wagens, gebaut von der Firma Achenbach & Co., Hamburg I.



Fig. 163.
Kurbelachse des Sechszylinder-»Hexe«-Wagens, gebaut von Achenbach & Co. in Hamburg I.

Vierzylindermotor des Automobils „Bayard" von A. Clément, Constructeur, Levallois-Paris.

(Fig. 164 165, 166, 167.)

Die Zylinder sind getrennt gegossen, die Ventile liegen an gegenüberliegenden Seiten. Als Zündung wird das System Simms-Bosch (Lichtbogen) verwendet. Als Gemischbilder wird das schon im vierten Abschnitt besprochene System Clément benützt.

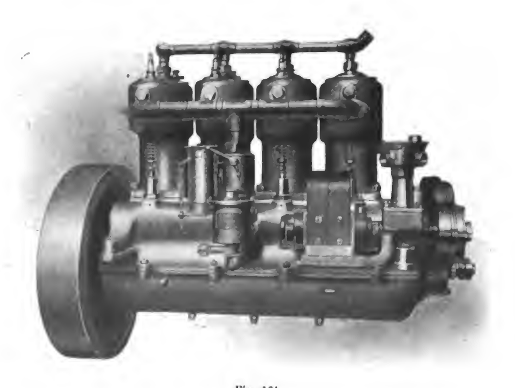


Fig. 164.
Vierzylindermotor »Bayard«. (Seitenansicht.)

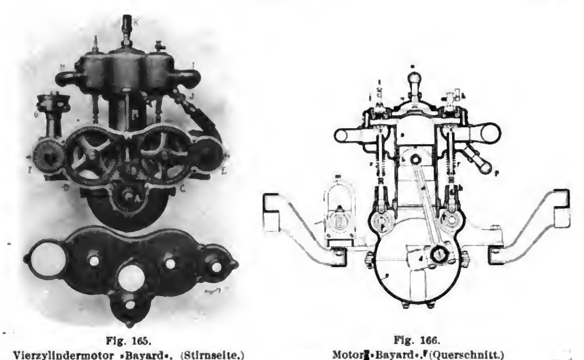


Fig. 165. Vierzylindermotor »Bayard«. (Stirnseite.)

Fig. 166. Motor »Bayard«. (Querschnitt.)



Fig. 167. Motor »Bayard«. Zündapparat »Simms-Bosch«.

Vierzylindermotor der Maschinenbau-Akt.-Ges. vorm. Ph. Swiderski in Leipzig-Plagwitz. (Fig. 168.)

Der Motor wird mit Petroleum gespeist, er ist nach Art des im dritten Abschnitt beschriebenen Swiderskischen Petroleummotors konstruiert und dient für den Betrieb der Lastwagen, welche die Firma E. Troost, Berlin, für ihre Unternehmungen in Südwest-Afrika benutzt.

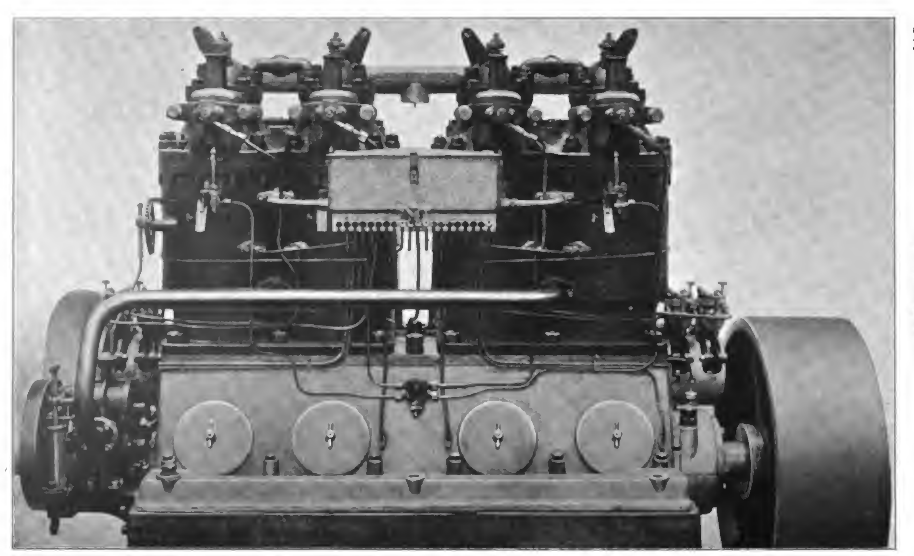


Fig. 168. Petroleum-Fahrzeugmotor von 70 PS, gebaut von der Maschinenbau-Akt.-Ges. vorm. Ph. Swiderski für die Firma E. Troost, Berlin, Hamburg und Südwest-Afrika.

Fahrzeugmotor der Nürnberger Motorfahrzeugfabrik „Union" G. m. b. H.

(Fig. 169, 170, 171.)

Die Motoren laufen verhältnismäßig langsam, für Größen von 4 bis 12 PS werden Einzylindermaschinen, für 12 bis 16 PS Zweizylinder- und für 16 bis 30 PS Vierzylindermaschinen verwendet. Wie aus Fig. 170 ersichtlich, arbeitet der Einzylindermotor mit der schon im fünften Abschnitt beschriebenen »Kolbenkontaktzündung«. Der auf dem Kolbenboden befestigte Stift trifft zu Ende des Hubes gegen den inneren Zündhebel und reißt ihn von dem Kontaktstift ab. Der Zündstrom wird durch Bosch-Magnet erzeugt.

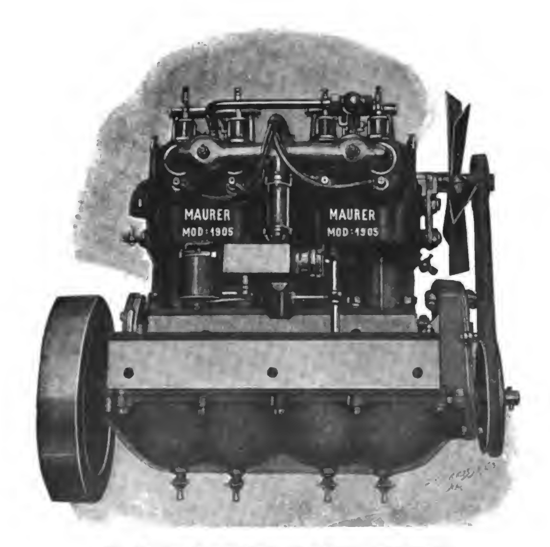


Fig. 169. Vierzylinder-»Maurer-Union«-Motor. (Seitenansicht.)

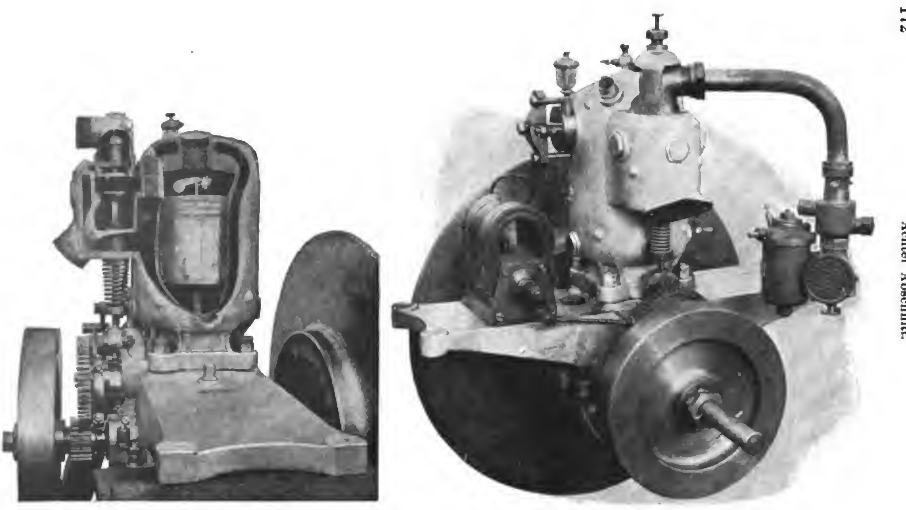


Fig. 170. Einzylinder-»Maurer-Union«-Motor. (Zylinderschnitt.)

Fig. 171. Einzylinder-»Maurer-Union«-Motor. (Seitenansicht.)

Zeitgemäße Fahrradmotoren.

Das Urbild der Motoren, wie sie heute für den Betrieb von Fahrrädern und leichten Wagen benützt werden, ist der »Dion-Bouton-Motor«, welcher schon in der Einleitung dieses Abschnittes ausführlich beschrieben wurde. Neben der leichten Bauart charakterisiert diese Maschine namentlich die Luftkühlung, bewirkt durch die Querrippen auf dem Arbeitszylinder, dem Verbrennungsraum und den Ventilgehäusen. Daß die Wasserkühlung für kleine Verbrennungsmotoren entbehrlich ist und durch »Kühlrippen« ersetzt werden kann, war schon in den siebziger Jahren durch den ortsfesten Bisschopschen Motor bekannt, welcher in Deutschland von der damaligen Firma Buß & Sombart in Magdeburg gebaut wurde. Der Aufstellung in geschlossenen Räumen entsprechend, war der Zylinder hier mit Längsrippen ausgerüstet. Für den im Freien arbeitenden, schnell die Luft durchschneidenden Fahrradmotor mußten natürlich Querrippen angewandt werden, die ein ungehindertes Durchstreichen der Luft zwischen den Rippen gestatten.

Die Beseitigung der Wasserkühlung vereinfacht den Motor, erleichtert das Fahrzeug und macht es ganz erheblich unabhängiger. Für die Benutzung solcher luftgekühlten Motoren bei Luftschiffen fallen diese Verhältnisse ganz besonders ins Gewicht.

Natürlich hat die Luftkühlung ihre Grenzen. Ihre Verwendbarkeit hängt ab von den Abmessungen des Zylinders und der Umdrehungszahl, also von dem Brennstoffquantum, welches in einer bestimmten Zeit zur Verbrennung gebracht wird. In neuerer Zeit verstärkt man den Luftzug durch Ventilatoren, dabei ist zu beachten, daß für die auf den Zylinder getriebene Luft auch genügender Abzug ist und die Kühlung sich nicht nur auf eine Seite der Maschine beschränkt, man bringt daher in neuerer Zeit wohl zwei Ventilatoren an, einen auf der Stirnseite, den andern auf der Rückseite, welch letzterem dann die Aufgabe zufällt, die auf die Maschine geblasene Luft nach rückwärts fortzuschaffen. Zu berücksichtigen ist ferner, daß die Luft nur kühlen kann, wenn sie selbst möglichst kalt ist; man kann nicht erwarten, daß bei mehreren in der Fahrrichtung hintereinander angeordneten Zylindern der hinterste Zylinder ebenso stark gekühlt wird wie der vorderste. Über die Wärmemenge, welche durch Kühlung abzuführen ist, gibt nachstehende Zusammenstellung eine Übersicht:

Von den 10300 WE, die das Kilogramm des zu diesen Motoren benutzten Benzins besitzt, werden etwa 15% in Arbeit umgesetzt, 30% gehen mit den Auspuffgasen fort, und nicht weniger wie 55% *sind durch Abkühlung zu beseitigen.* Die Ausbildung der Luftschiffmotoren wird dahin führen, der Luftkühlung größere Aufmerksamkeit zu schenken und sie weiter auszubilden.

In Fig. 172 ist der Fahrradmotor der Neckarsulmer Fahrradwerke schematisch dargestellt. Gemischbilder und Zündeinrichtung dieser Maschine wurden bereits im vierten und fünften Abschnitt eingehend beschrieben.

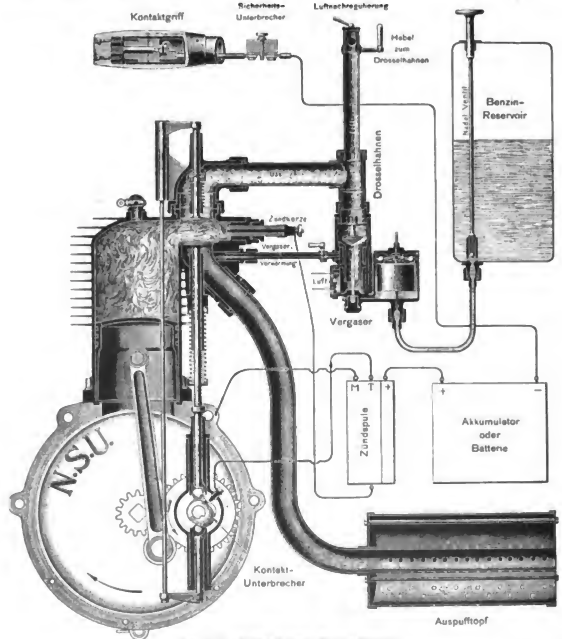


Fig. 172. Neckarsulmer Fahrradmotor.

Fahrradmotor der Aktiengesellschaft H. und A. Dufaux & Co. in Genf (Schweiz). Marke „La Motosacoche".

(Fig. 173 bis 177.)

Motor und Zubehörteile sind in einem dreieckigen Rahmen von der Form eines Fahrradrahmens untergebracht, so daß jedes gewöhnliche Fahrrad durch Einsetzen des Motorrahmens in das Rohrdreieck sofort in ein Motorrad umgewandelt werden kann. Die Ventilgehäuse sind auf der Stirnseite angebracht, so daß sie von der Luft zuerst getroffen werden. Die Steuerung des Auslaßventils erfolgt durch eine »Nutenweiche«. Zahnräder sind an dem Motor nur für Betätigung der Zündung angebracht.

Der $1^1/_4$ PS-Motor wiegt nur $7^1/_2$ kg.

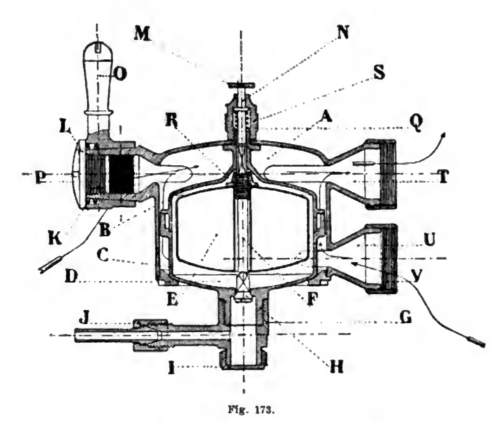


Fig. 173.

Gemischbilder für »La Motosacoche«.

A Mischraum. — *B C* Schwimmerkammer. — *D* Verschraubung für *A*, *B*, *C*. — *E* Schwimmer. *F* Schwimmerstift. — *G J* Benzinzuführung. — *H* Schwimmerventil. — *K* Luftregulierung. — *MN* Druckknopf zum Herüberdrücken des Schwimmers beim Anlassen des Motors. — *O* Hebel zur Luftregulierung. — *P* Kaltluftzufuhr. — *T* Rohr nach dem Einlaßventil. — *U* Hauptluftrohr.

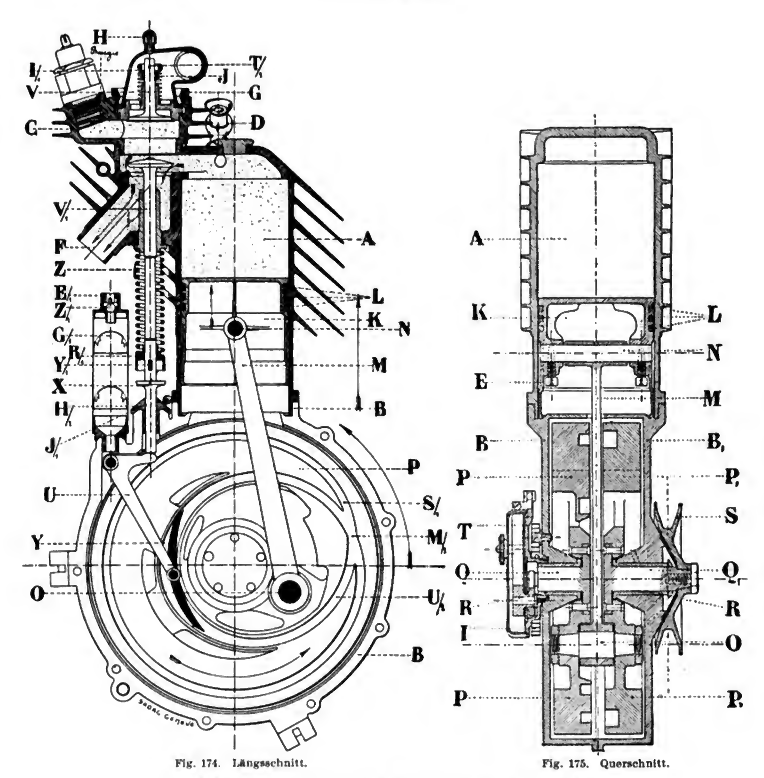


Fig. 174. Längsschnitt.

Fig. 175. Querschnitt.

Fahrradmotor der Akt.-Ges. H. u. A. Dufaux & Co. in Genf.

A Zylinder. — *B* Gehäuse. — *C* Zylinderkopf. — *D* Anlaßhahn. — E_1 Verschlußschraube zum Druckausgleicher im Kurbelgehäuse. — *F* Auspuffrohr. — *G* Verschraubung für das Einlaßventil. — G_1 Rohr für den Druckausgleicher. — H_1 Führung für den Auspuffventilheber. — M_1 Treffpunkt der Nutenweiche. — *PP* Schwungscheiben. — *S* Antriebsscheibe. — *U* Winkelhebel zum Heben des Auspuffventils. — *V* Einlaßventil. — V_1 Auspuffventil. — *X* Ventilheber. *Y* Gleitstück in der Nutenweiche.

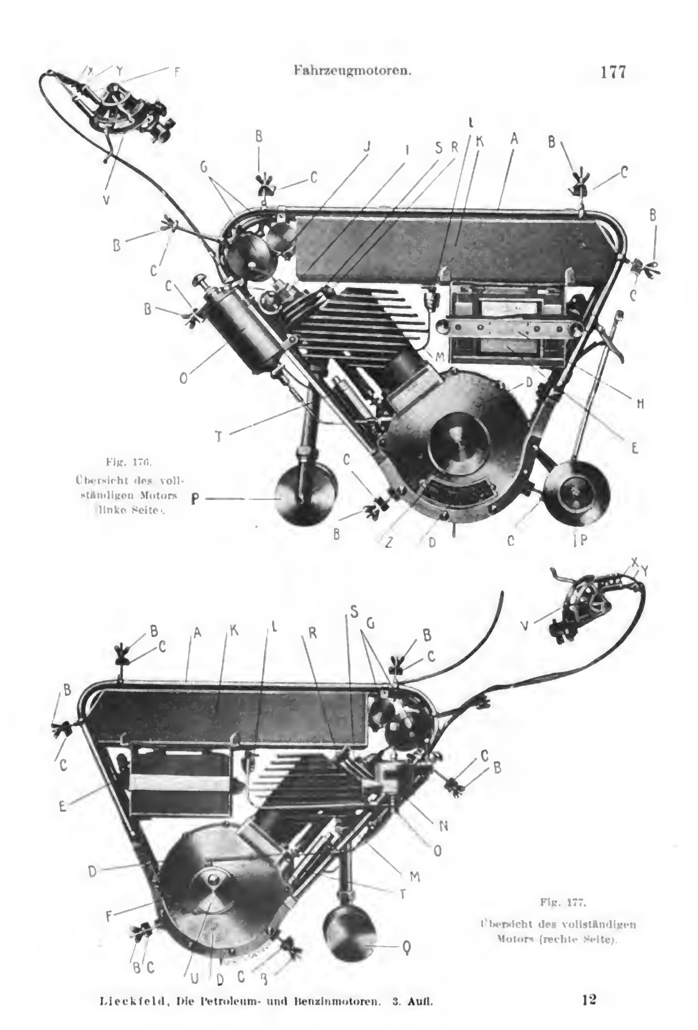


Fig. 176.
Übersicht des vollständigen Motors (linke Seite).

Fig. 177.
Übersicht des vollständigen Motors (rechte Seite).

Fig. 176 und 177. Übersicht des vollständigen Motors.

A Rahmen. — *B* Zugschrauben für Befestigung des Motorrahmens im Fahrrad. — *E* Akkumulator. — *F* Kabel. — *H* Kontaktplatte des Akkumulators. — *I* Zündkerze. — *J* Kontaktfeder der Zündkerze. — *K* Benzinbehälter. — *L* Benzinabsperrhahn. — *M* Benzinrohr. — *N* Gemischbilder. — *O* Schmierölbehälter mit Pumpe. — *Q* Auspufftopf. — *T* Druckausgleicher für das Kurbelgehäuse. — *U* Zündstromunterbrecher. — *V* Hebel für die Unterbrecher. — Biegsame Übertragung für die Gemischdrosselung. — *Z* Antriebsscheibe.

Fahrradmotor der Wanderer-Fahrradwerke in Schönau bei Chemnitz.

(Fig. 178.)

Der Motor hat $2^1/_2$ PS bei 1800 Umdrehungen. Zündung durch Magnet und Zündkerze.

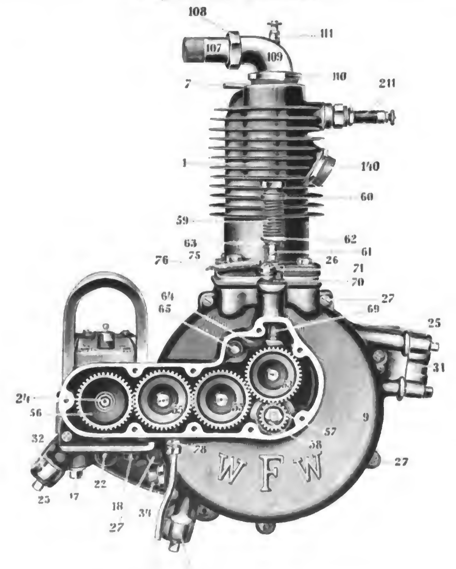


Fig. 178. Fahrradmotor der Wanderer-Fahrradwerke.

1 Arbeitszylinder. — *140* Auspuffstutzen. — *107* Gemischeintritt. — *61* Auslaßventilspindel. — *211* Zündkerze. — *69* Druckstift für das Auslaßventil. — *65* Auslaßventilhebel. — *57* u. *53* Steuerräder. — *55* u. *56* Übertragungsräder für den Magneten.

Motor der Maschinenfabrik „Cyklon“ in Rummelsburg bei Berlin.

(Fig. 179.)

Der Motor hat 3,5 PS. Die Wirkung der Kühlrippen wird durch einen Ventilator verstärkt.

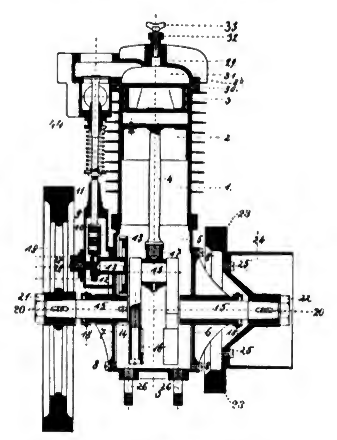


Fig. 179. Motor der Maschinenfabrik »Cyklon«.

1 Arbeitszylinder. — 2 Kolben. — 4 Pleuelstange. — 13 Steuerräder. — 15 Kurbelachse. — 16 Gegengewichte. — 44 Auslaßventil.

Neunter Abschnitt.

Schiffs- und Bootsmotoren.

Nachdem es zu Anfang des vorigen Jahrhunderts dem Amerikaner Robert Fulton gelungen war, der Dampfmaschine die geeignete Form für den Betrieb von Schiffen zu geben, zeigte sich bald, daß es nur die größeren Wasserfahrzeuge waren, bei denen man die Dampfmaschine mit Nutzen verwenden konnte. Für Boote und kleinere Fahrzeuge mangelte es an Platz für den Kessel und das Feuerungsmaterial, die Anschaffungs- und Betriebskosten waren viel zu hoch, um die gewerbliche Benutzung kleiner Dampffahrzeuge zuzulassen. Erst in den mit flüssigen Brennstoffen arbeitenden Verbrennungsmotoren war dann die richtige Betriebskraft für die kleinen Wasserfahrzeuge gefunden, sie waren genügend billig, nahmen wenig Platz ein und brauchten keinen besonderen Wärter für ihre Bedienung. Sehr fühlbar machte sich bei den neuen Motoren nur der Mangel der Umsteuerbarkeit der Drehungsrichtung und des selbsttätigen Angehens. Man mußte zu Schiffsschrauben mit verdrehbaren Schraubenflügeln oder Wendegetrieben seine Zuflucht nehmen, um das Boot sicher vorwärts und rückwärts laufen lassen zu können. Auch die Feuergefährlichkeit des Brennstoffes, die bei den Landfahrzeugen wenig in Frage kam, war bei den Wasserfahrzeugen sehr zu berücksichtigen. Der Mangel eines geeigneten feuersicheren Brennstoffes ist es namentlich, welcher die gewerbliche Verwertung von Motorbooten und Schiffen immer noch nicht in dem Maß gestattet, wie es für die Hebung des Schiffsverkehrs und des Fischereigewerbes wünschenswert wäre. Ebenso wie bei den Landfahrzeugen fehlt es den Verbrennungsmotoren auch noch an der nötigen Betriebssicherheit und Billigkeit. Die meisten Motoren vertragen nicht die rauhe Behandlung, die ihnen von den Seeleuten zuteil wird. Die ersten Verbrennungsmotoren für den Betrieb von Booten sind von dem Ingenieur Daimler gebaut worden; er rüstete im Jahre 1886 ein Boot mit einem eigens für diesen Zweck gebauten Zweizylindermotor von 2 PS aus, welches sich gut bewährte. Mit Erfolg hat Daimler dann die weitere Ausbildung seiner Benzinmotoren für den Bootsbetrieb aufgenommen. Als Typ dieser ersten Bootsmotoren ist der in den Fig. 180 und 181 dargestellte Benzinmotor zu bezeichnen.

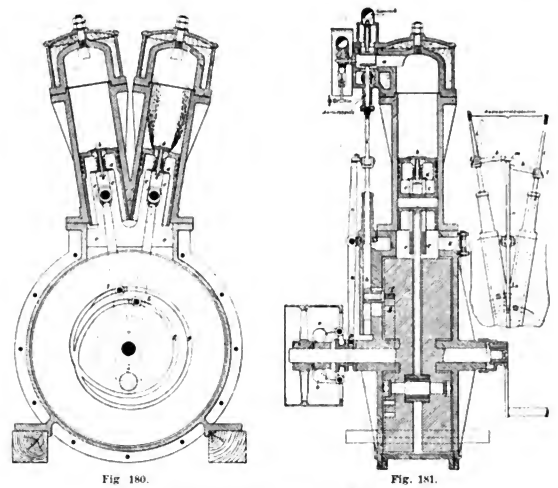


Fig. 180. Fig. 181.

Daimler-Bootsmotor vom Jahre 1890.

Gemischbilder nach Art des im dritten Abschnitt, S. 31, beschriebenen Benzinverdampfapparates. Die Steuerung des Auslaßventils erfolgt durch »Nutenweiche« $g\,g_1$ und Gleitstücke $f\,f_1$. Aus der Nebenfigur ist ersichtlich, daß die Regulierung durch Aussetzen der Ladung mit Hilfe der in geöffneter Stellung abgestützten Auslaßventile erfolgt. $n\,m$ ist der vom Regulator bewegte Abstützhebel. Im Kolben ist ein Ventil b angebracht, welches im äußeren Todpunkt aufgestoßen wird und den Nachtritt frischer Luft gestatten soll. Zündung durch Platinzündrohr.

Zweizylinder-Petroleum-Bootsmotor, gebaut von der Maschinenbau-Akt.-Ges. vorm. Ph. Swiderski in Leipzig-Plagwitz 1895.

Dieser Motor arbeitet mit Lampenpetroleum und schwereren Ölen, nach Art des im dritten Abschnitt, S. 36, dargestellten Capitaineschen Motors. Die Kurbeln sind hier noch gleichgerichtet.

Die Regulierung der Umdrehungszahl erfolgt mittels des Handhebels. Diese Motoren sind von der Firma in großer Zahl für das In- und Ausland ausgeführt und sollen sich gut bewähren.

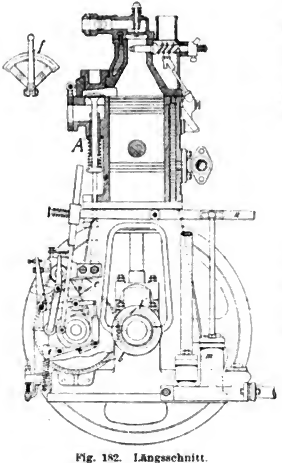


Fig. 182. Längsschnitt.

Fig. 182 und 183.

Swiderskis Bootsmotor.

A Auslaßventilgehäuse. — *b b'* Steuerräder. — *c* Auslaßventilhebel. — *d, g, h, i* Gestänge für die Handregulierung. — *a* Steuerwelle. — *f* Handhebel für Regulierung der Umdrehungszahl. — *p, q, n* Anlaßvorrichtung. — *o* Spannschraube für den Anlaßriemen. — *m* Lenzpumpe.

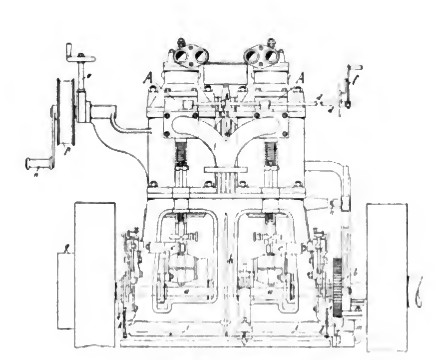


Fig. 183. Vorderseite.

„Sleipner-Motor“ für Bootsbetrieb, gebaut von Gebr. Körting, Akt.-Ges. in Körtingsdorf-Hannover.

(Fig. 184 und 185.)

Der Motor kann mit Benzin, Benzolspiritus und Petroleum betrieben werden. Beim Betrieb mit den letzteren Stoffen muß

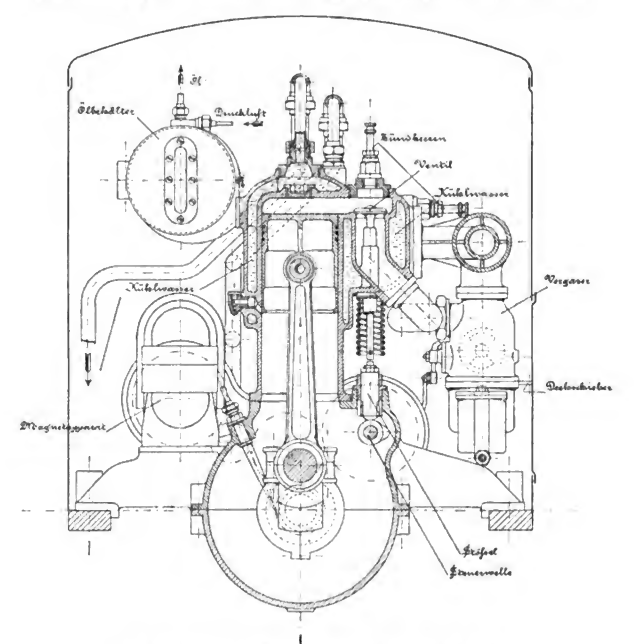


Fig. 184. »Sleipner«-Bootsmotor. (Schnitt durch den Zylinder.)

der Motor mit Benzin in Gang gebracht werden, bis die für den Betriebsbrennstoff nötige Temperatur des Verbrennungsraumes erreicht ist. Die Zündung erfolgt bei den Motoren bis 30 PS durch magnetelektrische Kerzenzündung. Für größere durch magnet-

elektrische Abreißzündung. Auf Wunsch wird bei den letzteren Motoren auch noch eine Batterie-Kerzenzündung angebracht.

Die Schmierung erfolgt nicht durch Ölspülung vom Kurbelgehäuse aus, sondern jeder Schmierort erhält sein Öl in einstellbarer Menge von einem Ölverteiler aus.

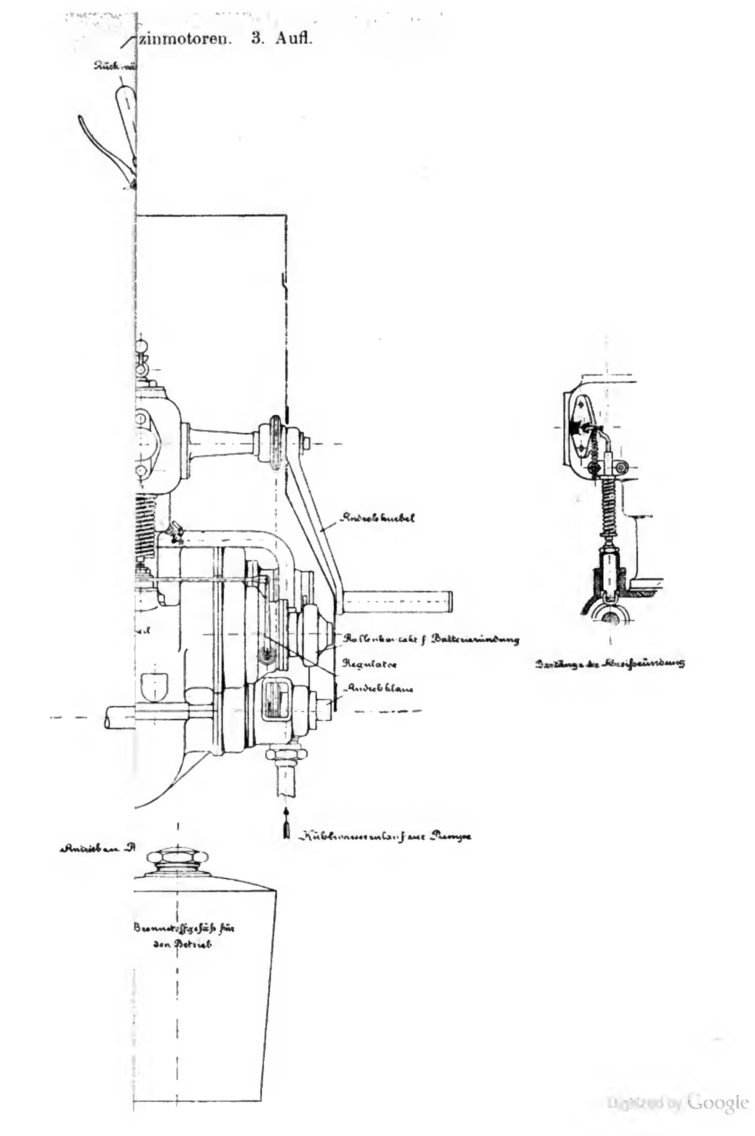
Der Auspufftopf wird durch Wasser gekühlt.

Preisliste der »Sleipner«-Bootsmotoren ab Körtingsdorf ohne Verpackung.

Modell	2 S. 91	2 S. 106	2 S. 130	2 S. 146	4 S. 91	4 S. 106	4 S. 130	4 S. 146	4 S. 170
Anzahl der Zylinder	2	2	2	2	4	4	4	4	4
Umdrehungen pro Min.	800	800	700	700	800	800	700	700	700
Bremsleistung PSe.									
Benzin 0,68 bis 0,7 spez. Gewicht	6	10	15	20	12	20	30	40	60
Petroleum	5,5	9	14,5	19,4	11	18	29	39	58
Spiritus 90 Vol.-% mit 20% Benzol	5,5	9	15	20	11	19	30	40	58
Ungefähres Gewicht kg.									
Motor mit Schwungrad	210	270	410	500	290	380	600	800	1050
Antriebs- und Reversiervorrichtung	85	100	170	200	100	185	220	280	350
Schutzkasten	30	35	60	70	60	65	70	80	95
Zubehörteile	35	40	45	50	50	60	60	65	75
Brennstoffverbrauch pro PS und Stunde.									
Benzin	0,350	0,350	0,360	0,360	0,340	0,330	0,330	0,330	0,330
Petroleum	0,420	0,400	0,390	0,400	0,400	0,380	0,370	0,370	0,370
Spiritus 90 Vol.-% mit 20% Benzol	0,590	0,590	0,560	0,550	0,530	0,520	0,520	0,480	0,480
Preise in Mark.									
Motor	1870	2800	3600	4150	3675	4400	7700	8700	12650
Antriebs- und Reversiervorrichtung	715	800	1030	1170	800	1170	1470	2000	3200
Schutzkasten	200	215	240	255	240	255	320	390	470
Insgesamt	2785	3815	4870	5575	4715	5825	9490	11090	16320
Mehrpreis für Petroleum- oder Spiritusbetrieb	133	133	160	173	147	160	187	200	200

Körtings Petroleummotor für Unterseebote mit Petroleumbetrieb.

Der Motor arbeitet im ventillosen Zweitakt. Als Gemischpumpe dient jedoch nicht die Kurbelkammer, sondern es ist eine


Andrehkurbel
Rollenkontakt f. Batteriezündung
Regulator
Andrehklaue
Kühlwassereinlauf aus Pumpe
Brennstoffgefäß für den Betrieb

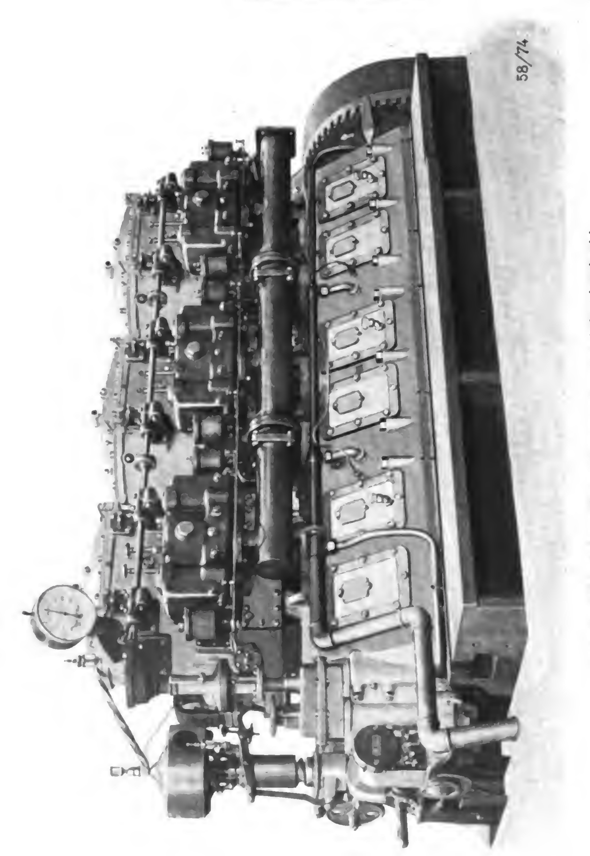


Fig. 186. Kortings Sechszylinder-Unterseebootsmotor mit Petroleumbetrieb.

besondere Pumpe im Innern angeordnet. Zwischen der frischen Ladung und den auszublasenden heißen Verbrennungsgasen wird eine Trennschicht reiner Luft eingeschaltet.

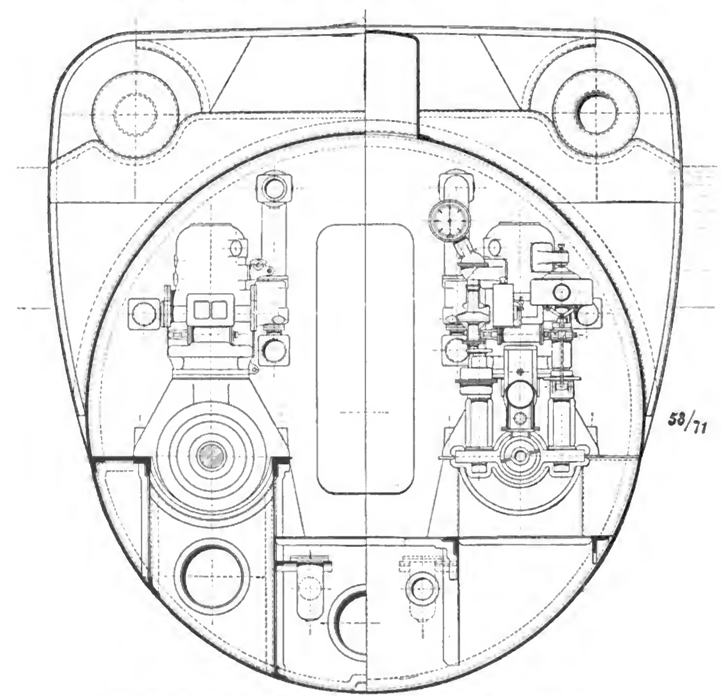


Fig. 187. Querschnitt durch den Maschinenraum eines Unterseebootes, ausgerüstet mit Kortingschen Petroleummotoren.

Der Motor hat sechs Zylinder, von denen je zwei mit einem gemeinsamen Wassermantel versehen sind. Je zwei Zylinder haben einen gemeinsamen Gemischbilder und ein gemeinsames Auspuff-

rohr. Der einzig bewegliche Teil außer dem Haupttriebwerk — Kolben, Pleuelstange und Achse — ist die Steuerung der Abreißzündung. Wie schon im dritten Abschnitt erwähnt, erfolgt die Anwärmung der Verdampfer und der Verbrennungsgehäuse auf elektrischem Wege. Da der Betrieb der Unterseebote während der Fahrt unter Wasser durch einen von einer großen Akkumulatorenbatterie gespeisten Elektromotor erfolgt, so steht für das Anlassen des Motors und Anwärmen Strom in reichlicher Menge zur Verfügung. Die elektrische Anheizung wirkt so schnell, daß der Motor schon nach 4 bis 5 Minuten mit Petroleum anlaufen kann. Benzin oder andere feuergefährliche Brennstoffe kamen bei diesen Motoren wegen der damit verbundenen Explosionsgefahr grundsätzlich nicht in das Boot.

Fig. 186 zeigt den Motor in der Seitenansicht, Fig. 187 einen Querschnitt durch den Maschinenraum eines Unterseebotes.

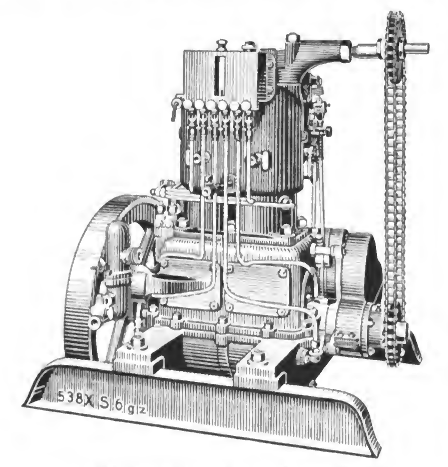


Fig. 188. Deutzer Bootsmotor mit Petroleumbetrieb.

Fig. 188 zeigt einen Petroleummotor, Bootsmotor, der **Deutzer Gasmotorenfabrik.**

In Fig. 189 bis 191 sind Petroleumbootsmotoren, System »**Gardner**«, dargestellt, wie sie von der Firma Bieberstein & Goedicke in Hamburg gebaut werden.

Die Motoren machen je nach der Größe 500 bis 800 Umdrehungen pro Minute. Sie arbeiten mit Aussetzerregulierung, doch

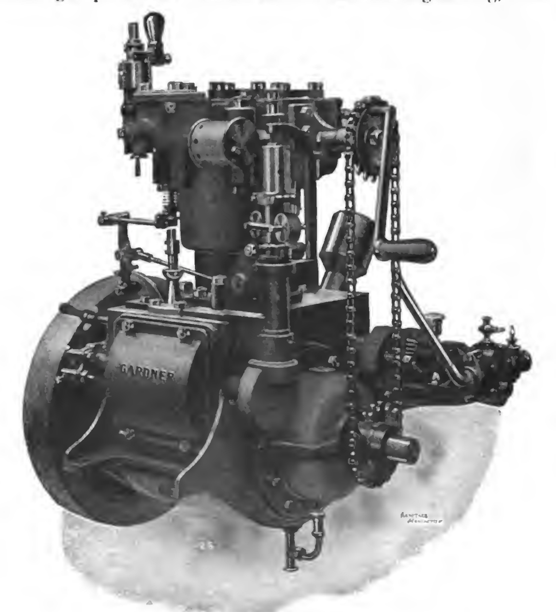


Fig. 189. Gardner Einzylinder-Bootsmotor mit Petroleumbetrieb.

wird hier nicht das Auslaßventil in geöffneter Stellung abgestützt, sondern das Gemischeinlaßventil geschlossen gehalten. Neben dem gesteuerten Gemischventil haben diese Motoren noch ein zweites selbsttätig arbeitendes Einlaßventil, durch welches nur Luft angesaugt wird. Durch dieses Ventil tritt auch in den Perioden Luft

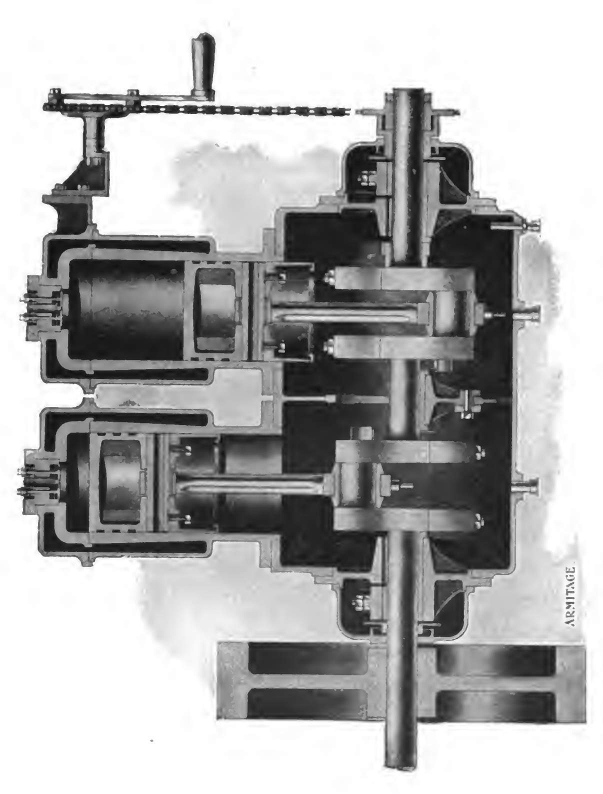


Fig. 190. Gardner Zweizylinder-Bootsmotor mit Petroleumbetrieb. (Längsschnitt.)

in den Zylinder, wo das Gemischeinlaßventil durch den Regulator abgestellt ist. Auf dieses letztere Ventil träufelt warmes Wasser, welches als Dampf und Wasserstaub von der Luft mitgerissen wird und sowohl zur inneren Kühlung wie zur Ermöglichung höherer Verdichtung beiträgt. Der Betrieb der Motoren ist daher ein sehr

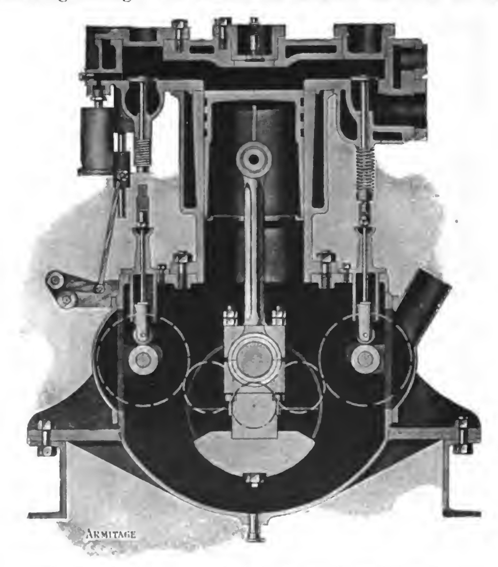


Fig. 191. Gardner_Zweizylinder-Bootsmotor mit Petroleumbetrieb. (Querschnitt.)

wirtschaftlicher und bequemer, eine innere Reinigung ist nur selten nötig. Der Verdampfraum für den Brennstoff wird durch eine ständig brennende Lampe erwärmt.

Bootsmotoren von Heinrich Kämper in Berlin-Mariendorf.
(Fig. 192 und 193.)

Die Motoren arbeiten mit Benzin, Spiritus und Petroleum. Der Brennstoffbehälter liegt tiefer wie der Gemischbilder und wird

nicht unter Druck gehalten. Eine Pumpe fördert den Brennstoff in einen kleinen Überlaufbehälter, von wo das nicht gebrauchte Quantum in den Vorratsraum zurückfließt. Es wird magnet-elektrische Abreißzündung benutzt.

Das Einlaßventil wird bei Motoren jeder Größe gesteuert. Aus- und Einlaßventil sind aus nichtrostendem Nickelstahl gefertigt. Die Kühlwasserräume sind zwecks leichter Reinigung mit abnehmbaren Deckeln versehen. Das Auspuffrohr ist bei Mehrzylindermotoren mit Wasser gekühlt.



Fig. 192. Kämpers Einzylinder-Bootsmotor.

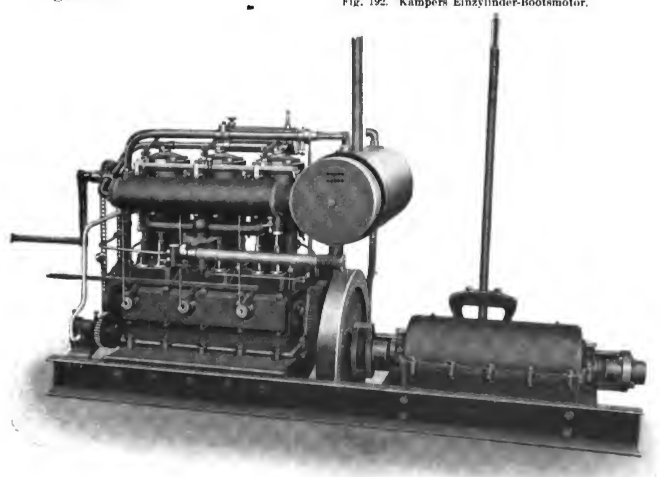


Fig. 193. Dreizylinder-Bootsmotor von Heinrich Kämper in Berlin-Mariendorf.

Preisliste der Bootsmotoren und Wendegetriebe von Heinrich Kämper in Berlin-Mariendorf.

Größe	S	SD	SF	SDD	SG	SFF
Anzahl der Zylinder	1	2	2	4	3	4
Bremsleistung in Pferdestärken bei normalen Umdrehungen	6,5	8	13	16	19	26
Normale minutliche Umdrehungen	650	700	550	700	550	550
Preis des Motors einschl. Magnetzündung, vollständiger Zentralschmierung, Kühlpumpe, Andrehkurbel, Brennstoffbehälter für zehnstündigen Betrieb und Schalldämpfer . . . M.	1800	2250	3100	4150	5000	6000
Preis des Wendegetriebes auf Rahmen montiert mit Hebel und Kupplungsflanschen . . . M.	950	950	1200	1200	1500	1500
Preis der zweiteiligen Welle (4 m lang) mit Zwischenlager und Propeller . . . M.	150	150	220	220	300	300
Preis des Stevenrohres bis 1 m Länge . . . M.	65	65	80	80	100	100
Preis des Schutzkastens . . . »	200	200	250	250	300	300
Preis der kompletten Maschinenanlage . . . M.	3165	3615	4850	5900	7200	8200
Ungefähre Gewichte in kg:						
Motor	320	250	430	330	550	620
Wendegetriebe	95	95	140	140	170	170
Fundamentrahmen	75	45	58	62	85	85
Zweiteilige Welle (4 m)	26	26	35	35	45	45
Zwischenlager	8	8	8	8	12	12
Propeller	6	6	10	10	15	15
Stevenrohr (1 m)	10	10	11	11	12	12
Schutzkasten	80	68	90	90	105	115
Zusammen	620	503	782	686	994	1074

Bootsmotoren verschiedener Konstruktion der Firma John J. Thornycroft & Co., Ltd., Chiswick, Southampton und Basingstoke (England).

(Fig. 194 bis 197.)

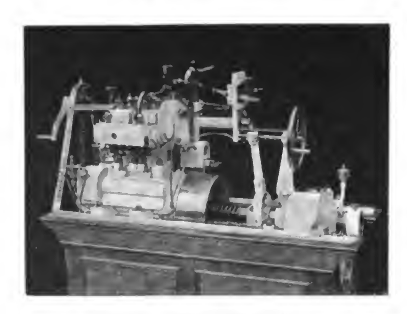


Fig. 194. Thornycroft-Bootsmotor.

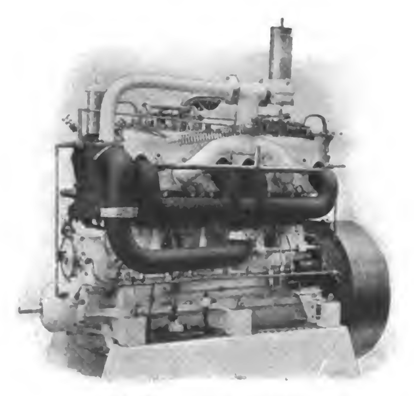


Fig. 195. Thornycroft-Bootsmotor.

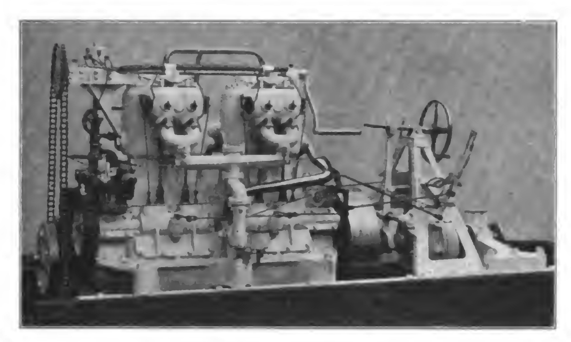


Fig. 196. Thornycroft-Bootsmotor.

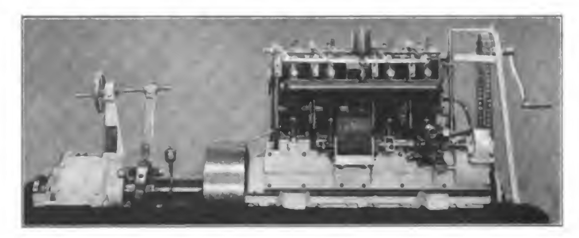


Fig. 197. Thornycroft-Bootsmotor.

Luftschiffsmotoren.

Die Erfolge, welche in neuester Zeit in allen Kulturstaaten mit dem Bau lenkbarer Luftschiffe zu verzeichnen sind, begründen sich nicht zum kleinsten Teil in der Vervollkommnung der Verbrennungskraftmaschinen, mit geringem Materialgewicht große Kräfte zu erzeugen. Welche Kräfte erforderlich sind, um Luftschiffe mit der Geschwindigkeit fortzutreiben, daß sie sicher steuerbar werden, konnte nur der Versuch bestimmen. Während man früher mit Kräften von 5 oder 10 PS probiert hatte, werden heute 50 und 100 PS-

Motoren verwendet. Graf Zeppelin benutzte für sein Luftschiff, mit dem er nach langen Versuchen im September 1907 zu guten Resultaten gelangte, zwei Motoren von je 85 PS.

Wie schon im achten Abschnitt über die Entwicklung der Fahrzeugmotoren erwähnt, ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, durch Verwendung neuer Brennstoffe und durch Benutzung des Zweitaktes das Gewicht der Motoren noch weiter zu verringern. Mit Rücksicht auf die großen Gefahren, welche die Benutzung von Benzin für Luftschiffe mit sich bringt, ist es dringend nötig, nach anderen, weniger feuergefährlichen Brennstoffen zu suchen und diesen die Motoren anzupassen.

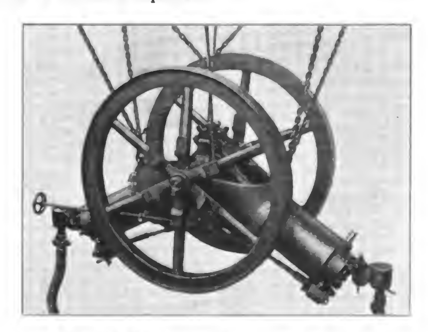


Fig. 198. Körtings Luftschiffsmotor vom Jahre 1887.

Von den Versuchen, welche in früheren Zeiten mit dem Bau von Luftschiffsmotoren gemacht worden sind, ist wenig in die Öffentlichkeit gedrungen. Auch von Gebr. Körting in Hannover war schon im Jahre 1887 ein Luftschiffsmotor gebaut worden, welcher für die Luftschiffer-Abteilung in Berlin bestimmt war. Um jede Feuersgefahr zu vermeiden, sollte dieser Motor mit Leuchtgas gespeist werden, welches in einer besonderen Ballonhülle mitzuführen war; die Zündung erfolgte durch eine Batteriezündung, ähnlich der heutigen Kerzenzündung. Bei der geringen Tourenzahl, mit welcher man zu jener Zeit die Verbrennungsmotoren laufen ließ, und dem Fehlen von Leichtmetallen war die Maschine zu schwer ausgefallen, um praktisch verwertet werden zu können.

Sie ist in Fig. 198 dargestellt. In ihrer Anordnung hat sie manche Ähnlichkeit mit dem heutigen »Antoinette«-Motor.

Zurzeit kommen als Fabrikanten für Luftschiffsmotoren hauptsächlich die Daimler-Motorengesellschaft und die Société Antoinette in Paris in Betracht.



Fig. 199. 100 PS-Antoinette-Motor auf der Schulter eines Mannes.

In Fig. 200 ist ein 100 PS-Motor der Société Antoinette dargestellt, welcher pro Pferdestärke einen Materialaufwand von wenig über 1 kg beansprucht.

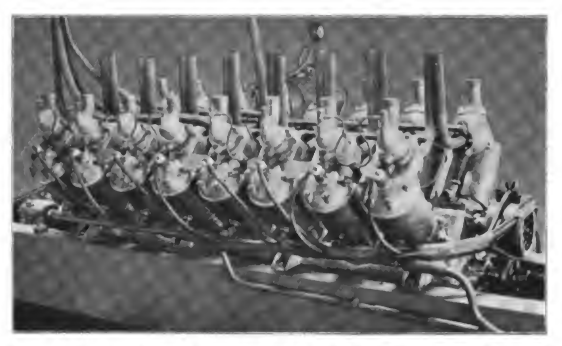


Fig. 200. Sechzehnzylindermotor von 100 PS, gebaut von der Société Antoinette.

Zehnter Abschnitt.

Die mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Straßen- und Schienenfahrzeuge.

Wie erwähnt, besitzen die Verbrennungsmotoren nicht die Fähigkeit, selbsttätig anzulaufen und ist auch die Drehungsrichtung nicht mit einfachen Mitteln umkehrbar zu machen, ebenso sinkt die Kraftäußerung dieser Motoren mit abnehmender Umdrehungszahl ganz unverhältnismäßig schnell. Diese Mängel erschweren die Konstruktion des eigentlichen Fahrzeuges ganz ungemein. Sie sind die Ursache, daß die Kraft nicht, wie bei der Dampflokomotive, direkt auf die Treibräder übertragen werden kann, sondern Wendegetriebe und Kuppelungen eingeschaltet werden müssen. Die Dampflokomotive beginnt ihre Tätigkeit unter Einwirkung des vollen Dampfdruckes, sie setzt sich langsam aber stetig und sicher in Bewegung und steigert allmählich die Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder. Ganz anders der Verbrennungsmotor! Ihm fehlt die treibende Kraft, um die Arbeit beginnen zu können, durch eine andere Kraft muß erst der Brennstoff und die zugehörige Luft herbeigeholt und verdichtet werden; nun erst kann er, wenn alles gut geht, seine Tätigkeit beginnen. Dabei

kann er sich auch nicht, wie die Dampfmaschine, mit vollem Druck **ins Geschirr legen**, sondern er bedarf eines Anlaufes, er muß eine gewisse Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht haben, wenn er eine nennenswerte Kraft ausüben soll. Dieser Mangel der **Anzugskraft** des Verbrennungsmotors ist besonders störend, denn gerade um den Wagen in Bewegung zu setzen, um die »**Reibung der Ruhe**« zu überwinden, haben wir größere Kraft nötig, als wie ihn später mit mäßiger Geschwindigkeit in Fahrt zu erhalten.



Fig. 201. Daimlers erstes Motorfahrrad.

Aus diesen Betrachtungen ergeben sich die Konstruktionsbedingungen für die mit Verbrennungsmotoren auszurüstenden Straßen- und Schienenfahr-

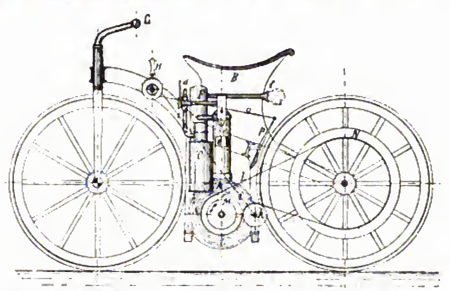


Fig. 202. Daimlers erstes Motorfahrrad. (Seitenansicht.)

A Kurbelgehäuse und Arbeitszylinder. — *B* Sattel. — *C* Karburator (Gemischbilder). — *F* Schalldämpfer. — *f* Auspuffrohr. — *M N* Riemenscheiben. — *K* Spannrolle. — *H* Handhabe für die Spannrolle. — *o p* Bremse, welche beim Entspannen des Riemens angezogen wird. — *G* Lenkstange.

zeuge. Der Motor bedarf einer **Anlaßvorrichtung** in Form einer Handkurbel oder eines Vorrates von verdichteter Luft. Die Verbindung zwischen Motor und Fahrzeug darf nicht eine feste sein, sondern muß durch eine lösbare, möglichst elastische Kuppelung

bewirkt werden. Für Vor- und Rückwärtsfahrt sind Wendegetriebe, für die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten Übersetzungsgetriebe einzuschalten. Dort wo zwei auf einer Achse angebrachte Treibräder verwendet werden, ist für das Wenden und Fahren im Bogen das »Differentialgetriebe« nötig, eine Einrichtung, welche ermöglicht, daß das eine Rad schneller wie das andere angetrieben wird.



Fig. 203. Daimlers erster Motorwagen vom Jahre 1886.

Als erstes von einem Verbrennungsmotor betriebenes Straßenfahrzeug ist das in Fig. 201 dargestellte Motorrad des Ingenieurs Daimler zu bezeichnen, mit dem er zu Anfang der achtziger Jahre an die Öffentlichkeit trat.

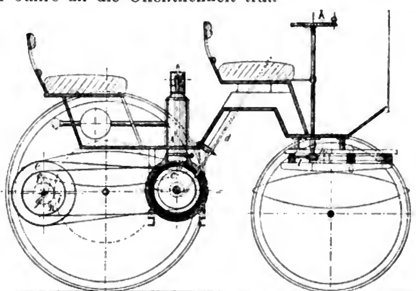


Fig. 204. Daimlers erster Motorwagen vom Jahre 1886. (Seitenansicht.)

A Motor. — *b c* Riemenscheiben an der Motorachse. — *e f* Riemenscheibe an der Vorgelegeachse. *g* Vorgelegeachse. — *K* Lenkrad. — *m l* Drehschemel.

Im Jahre 1886 ließ Daimler dem Motorrad den in Fig. 203 dargestellten ersten Motorwagen folgen. Der Motor ist zwischen den beiden Achsen angebracht, die Kraft wird in zwei Riemenübersetzungen auf ein Zahnradvorgelege übertragen. Zum Anfahren dient eine Reibungskuppelung auf der Achse des Motors.

Gleichzeitig mit Daimler hatte auch C. Benz in Mannheim sich erfolgreich mit dem Bau von Motorwagen beschäftigt, er brachte ebenfalls im Jahre 1886 einen Wagen heraus, welcher in



Fig. 205. Benz' erster Motorwagen vom Jahre 1886.

den Fig. 205 und 206 dargestellt ist. Das Schwungrad des Motors lag horizontal, durch ein konisches Räderpaar wurde die Kraft auf ein Riemenvorgelege übertragen und von diesem durch Ketten auf die Treibräder. Der Wagen hat nur ein Lenkrad. Dieser erste Benzwagen ist noch heute als betriebsfähiges Fahrzeug erhalten.

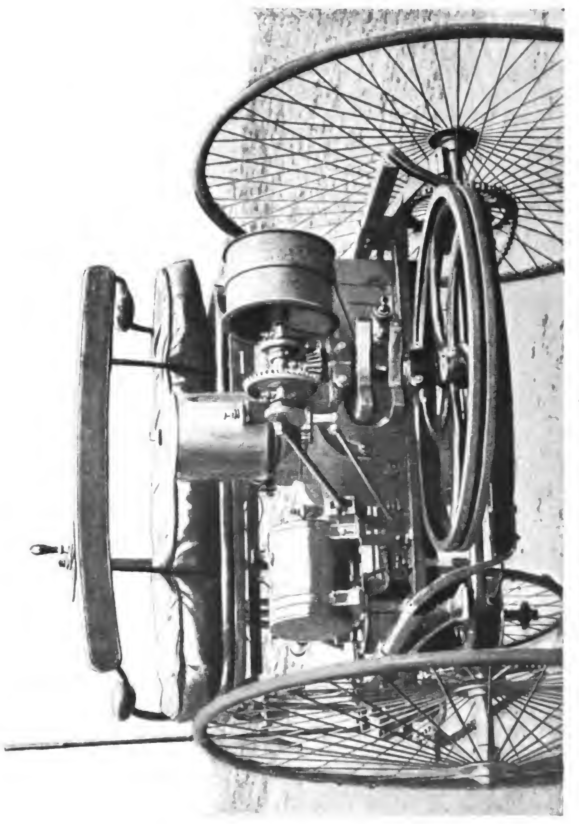


Fig. 206. Benz' erster Motorwagen vom Jahre 1886. (Hintere Ansicht.)

Mit Beibehaltung der Hauptkonstruktionsteile wurde dann von der Benzschen Fabrik im Jahre 1888 ein neuer Wagen gebaut, welcher auf der nächsten Kraft- und Arbeitsmaschinen-Ausstellung in München ausgestellt war und als erstes auf einer Ausstellung gezeigtes, mit einem Benzinmotor ausgerüstetes Straßenfahrzeug zu bezeichnen ist.

Dieser Wagen lief mit einer Geschwindigkeit von 16 km in der Stunde und konnte Steigungen bis zu 6 % nehmen.

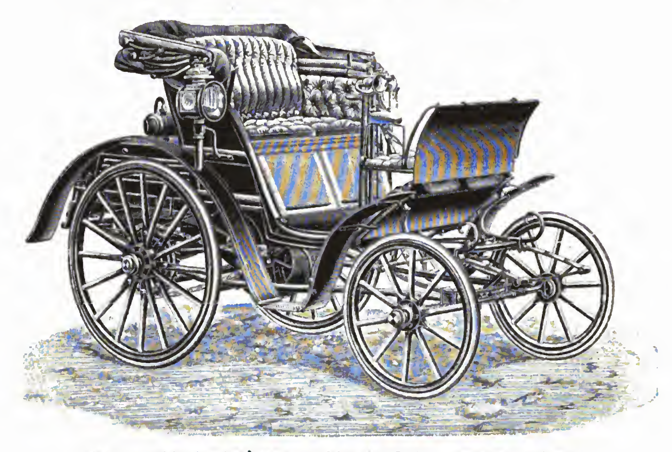


Fig. 207. Ansicht eines Benzwagens vom Jahre 1891 für 3 bis 4 Personen. 5 PS-Motor. Gewicht 780 kg. Der Wagen kostete 4500 Mark.

Seit dieser Zeit ist die Benzsche Fabrik und die Daimler-Motorengesellschaft unausgesetzt in der weiteren Ausbildung der Motorwagen tätig gewesen. Beide Fabriken sind die eigentlichen Entwicklungs- und Pflegestätten des Motorwagenbaues. In den nächsten Jahren brachte die Benzsche Fabrik dann einen Wagentyp auf den Markt, welcher sich als hervorragend brauchbar und dauerhaft erwies, von dem sich einige Exemplare sogar heute noch im Betriebe befinden.

In den Fig. 207 bis 209 ist dieser Wagen dargestellt. Wie ersichtlich, ist der Riemenantrieb beibehalten. Zum erstenmal treten bei diesem Wagen Lenkräder mit drehbaren Achsschenkeln auf.

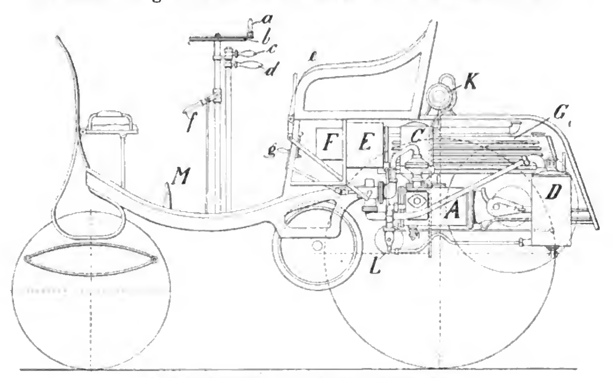


Fig. 208. Benzwagen vom Jahre 1891. (Seitenansicht.)

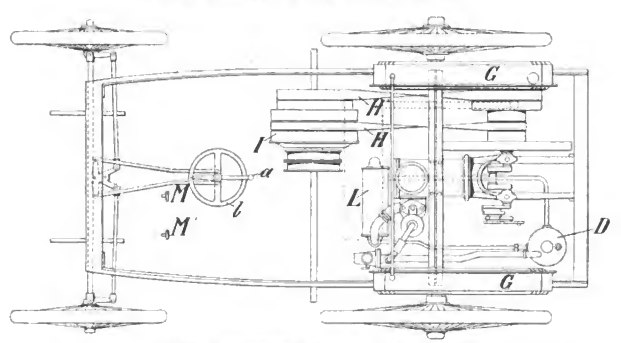


Fig. 209. Benzwagen vom Jahre 1891. (Obere Ansicht.)

A Arbeitszylinder. — *D* Karburator (Gemischbilder). — *E* Benzinbehälter. — *F* Induktions-Funkenapparat. — *L* Schallfänger. — *G G* Kühlwasserbehälter. — *C K* Ausdehnungsgefäß für das Kühlwasser. — *H* Riemen für Langsamfahrt. — *H'* Riemen für Schnellfahrt. — *a* Lenkrad. — *b c d* Hebel zum Verschieben der Riemen. — *e* Handregulierung für den Motor. — *M* und *M'* Bremshebel

Zeitgemäße Straßenkraftwagen (Automobile).

Es liegt nicht in dem Rahmen der vorliegenden Schrift, die Bauarten der Kraftwagengestelle und Triebwerke ausführlich zu beschreiben, und soll ihrer hier nur insoweit gedacht werden, als dies für das allgemeine Verständnis nötig ist.

Daß die Konstruktion praktisch brauchbarer Kraftwagengestelle und Triebwerke keine leichte Aufgabe war, ist wohl aus dem zu Anfang dieses Abschnittes über die Eigenart des Verbrennungsmotors Gesagten verständlich. Es hat denn auch mehr wie ein Jahrzehnt angestrengter Arbeit und großer Geldopfer bedurft, um die Erfahrungen zu sammeln, die zur Konstruktion der modernen Kraftwagen geführt haben.

Gedenken wir in kurzen Worten des Entwicklungsganges, welchen der Kraftwagen durchgemacht hat, so zeigte sich sehr bald, daß die Erschütterungen, welche mit Benutzung von eisenbeschlagenen Rädern für das Wagengestell verbunden sind, schon bei den Fahrgeschwindigkeiten, wie sie zu jener Zeit mit Kraftwagen erreicht wurden, sehr nachteilig auf den Motor und alle Teile des Wagengestelles einwirkten. Eine Federung, wie sie bis dahin für Personenfuhrwerke üblich war, reichte nicht im entferntesten für Kraftwagen aus. Die zahllosen Stöße, welche durch die kleinen und großen Unebenheiten der Straßen entstehen, können nur durch Radreifen von möglichst großer Elastizität genügend aufgefangen werden, der Stoß muß an der Stelle vernichtet werden, wo er entsteht. Trotz aller Bemühungen hat man für diesen Zweck noch nichts besseres, wie den vom Fahrrad her bekannten »Luftreifen« aus Gummi finden können. Nur durch Benutzung der Luftreifen wird es möglich, so schnell fahren zu können, wie es heute als selbstverständlich angesehen wird, und das Bedürfnis schnell zu fahren ist so groß, daß wir es mit den leicht abnutzbaren Gummireifen gern teurer bezahlen, wie die Kraft selbst, welche uns den Wagen forttreibt. (Der Verbrauch an Gummi ist größer wie der an Brennstoff.)

Mit der gesteigerten Geschwindigkeit wuchsen auch die Ansprüche an die Lenkfähigkeit. Die alte Drehschemellenkung, bei der die Vorderachse mit den Rädern um ihre Mitte gedreht wurde, fordert zu großen Kraft- und Zeitaufwand, man mußte dazu übergehen, nur die Räder selbst, möglichst um ihren Berührungspunkt mit der Fahrbahn, zu drehen. Von der Notwendigkeit, die treiben-

den Hinterräder mit Hilfe eines sog. Ausgleichgetriebes (Differentialgetriebes) antreiben zu können, ist schon die Rede gewesen.

Für die Übertragung der Kraft auf die Treibräder, für das Wechseln der Fahrgeschwindigkeit und die Rückwärtsfahrt werden im Ölbade laufende Zahnräder benutzt.

Da es nicht gut angeht, Zahnrad-, Wechsel- und Wendegetriebe in und außer Eingriff zu bringen, während sie unter dem Arbeitsdruck stehen, so muß die Kuppelung zwischen dem Motor und dem Getriebe oft benutzt werden und besonders leicht aus- und einrückbar sein.

Ferner bedingt die Federung des Wagengestelles auf den Radachsen, daß die verschiedenen Lagen und die zahlreichen Bewegungen, welche Radachsen und Gestell gegeneinander einnehmen und ausführen, nicht störend auf die Kraftübertragung einwirken. Diesem Bedürfnis genügt man durch Benutzung nicht zu stark gespannter Gelenkketten für schwere Wagen oder durch Einschaltung einer Gelenkwelle (Cardanwelle) bei leichten Wagen.

Der Kühlung der Arbeitszylinder an den Fahrzeugmotoren hatte man anfangs wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Nach dem Vorbilde der bei den ortsfesten Motoren üblichen »Rippenkühler« wurden auch die ersten Kraftwagen mit dieser Einrichtung ausgerüstet. Die mitzuführende Wassermenge war hier aber namentlich für größere Motoren zu schwer und führte zur Konstruktion der Flachrohrkühler, welche seit fünf oder sechs Jahren allgemein in Benutzung sind. Bei diesen Flachrohrkühlern wird das Wasser mit einer vom Motor betriebenen Kapselpumpe durch eine große Anzahl flacher Rohre mit großer Kühlfläche und die Zylinderkühlräume hindurchgetrieben und so mit einer äußerst geringen Wassermenge eine sehr starke Kühlung erreicht.

Aus den Fig. 210 und 211, welche das Gestell und das Triebwerk eines Kraftwagens der Firma Achenbach & Co. in Hamburg (Marke »Hexe«) darstellen, ist zu entnehmen, in welcher Weise die einzelnen Teile eines zeitgemäßen Wagens angeordnet sind. Unmittelbar über Vorderachse steht der Kühler, dahinter liegt das Gebläse (Ventilator), welches die Kühlung unterstützt. Dann folgt der Sechszylindermotor. Demnächst folgt die leicht aus- und einrückbare Kuppelung, dann die Zahnradgetriebe, welche im Ölbade laufen. Daran schließt sich die schrägliegende Gelenkwelle und schließlich auf der hinteren Treibachse das Ausgleichgetriebe in Form der konischen Räder.

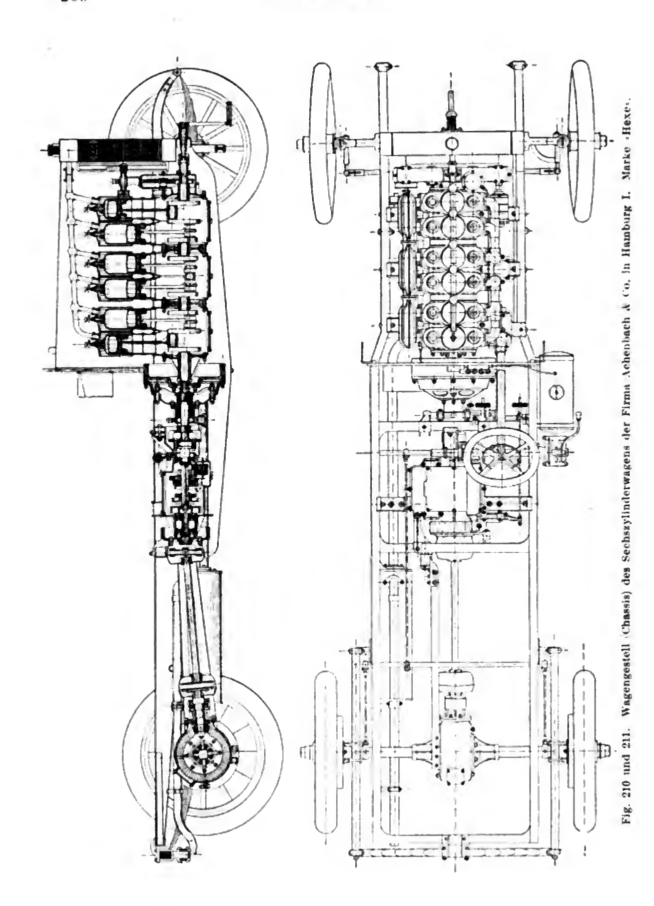


Fig. 210 und 211. Wagengestell (Chassis) des Sechszylinderwagens der Firma Achenbach & Co. in Hamburg I. Marke »Hexe«.



Fig. 212. Ansicht eines Sechszylinder-»Hexewagens«, 35/40 PS. Preis 17400 Mark.

Fig. 213 bis 217 zeigen das Gestell und das Triebwerk sowie verschiedene Wagen der Daimler-Motorengesellschaft, Marke »Mercedes-Simplex«, und eine Anzahl anderer Wagenformen für Gebrauchszwecke.



Fig. 213. Wagengestell und Triebwerk der Daimler-Motorengesellschaft in Untertürkheim bei Stuttgart.

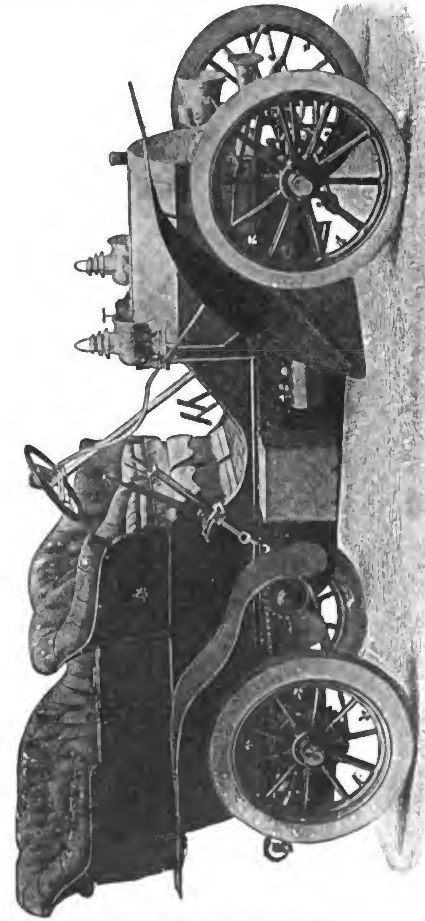


Fig. 214. Ansicht eines 18 PS-Wagens der Daimler-Motorengesellschaft, Marke »Mercedes-Simplex«.
(Geliefert für S. M. König Eduard von England.)

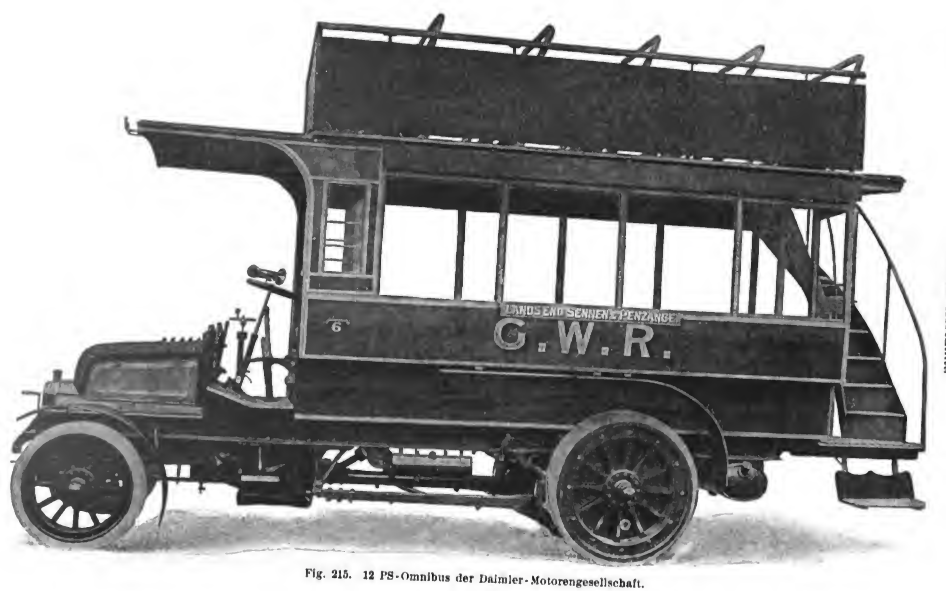


Fig. 215. 12 PS-Omnibus der Daimler-Motorengesellschaft.

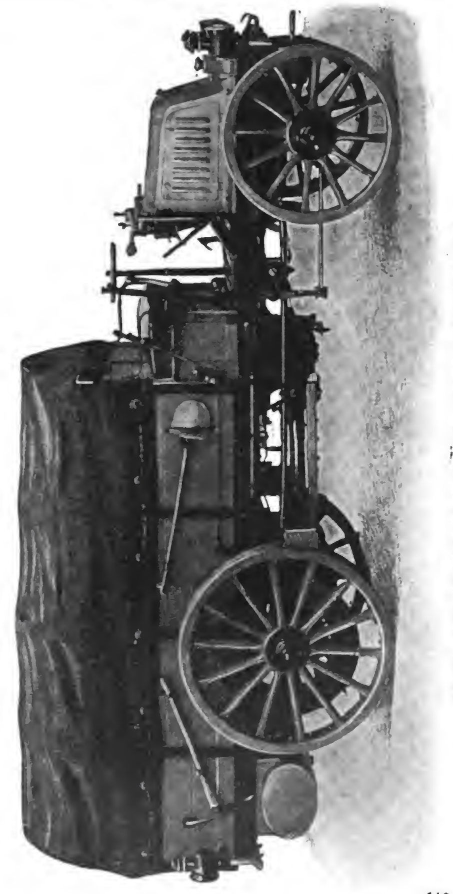


Fig 216. 10 PS-Militärlastwagen der Daimler-Motorengesellschaft. Tragkraft 2500 kg.



Fig. 217. 16 PS-Lastwagen der Daimler-Motorengesellschaft. Tragkraft 5000 kg.

Fig. 218 bis 220 zeigen Gestell und Triebwerk sowie verschiedene Wagen der Pariser Firma A. Clément, Marke »Bayard«.

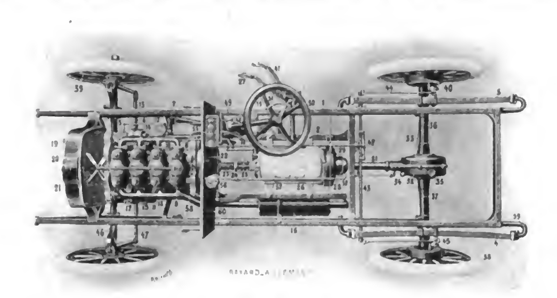


Fig. 218. Gestell eines »Bayard«-Wagens von 14/18 PS.



Fig. 219. Ansicht eines »Bayard«-Wagens, 10/14 PS.

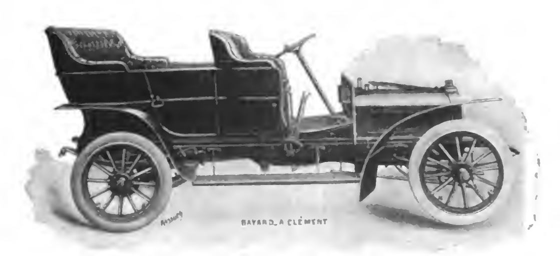


Fig. 220. Ansicht eines »Bayard«-Wagens von 14/18 PS.

Fig. 221 bis 223 zeigen das Gestell und Triebwerk und verschiedene Wagenformen eines Vierzylinderwagens der Nürnberger Motorfahrzeugfabrik »Union«, G. m. b. H. Der Antrieb erfolgt bei diesen Wagen nicht durch Zahnradgetriebe, sondern, wie aus Fig. 221 ersichtlich, mit einem Reibradgetriebe. Durch Verschieben des Reibrades vor der Antriebsplanscheibe wird es möglich, jede Geschwindigkeit vom Stillstand bis zu 70 km in der Stunde und auch das Rückwärtsfahren zu erreichen. Das Anfahren erfolgt völlig stoßfrei, ebenso auch der Übergang von einer Geschwindigkeit zur anderen. Mit Verwendung des Reibradgetriebes können Steigungen bis 30% genommen werden.

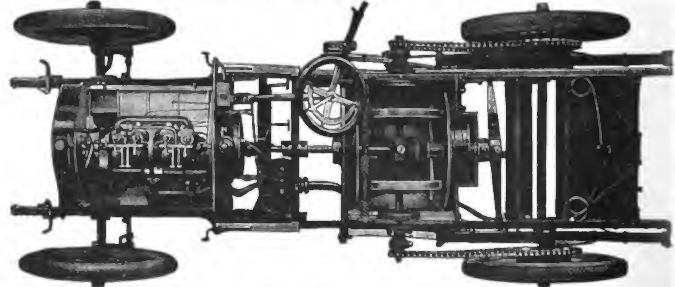


Fig. 221. Wagengestell und Triebwerk eines Vierzylinder-»Maurer-Union«-Wagens.

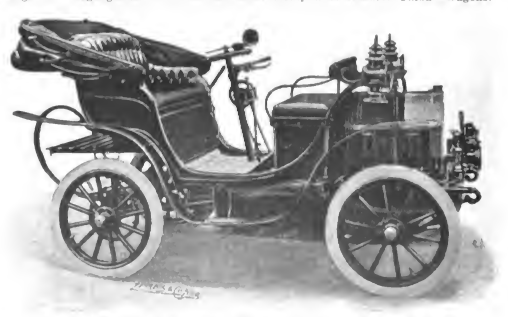


Fig. 222. 6 bis 8 PS-Doktorwagen der »Maurer-Union« (4300 bis 4600 Mark).



Fig. 223. 12 bis 22 PS-Vierzylinderwagen der »Maurer-Union« (15000 Mark).

In Fig. 224 und 225 ist ein dreiräderiger Kraftwagen für 2 bis 3 Personen dargestellt, wie er von der Maschinenfabrik »Cyklon« in Rummelsburg bei Berlin gebaut wird. Die Kraft des Motors wird durch einen flachen Riemen und eine Gelenkkette auf das Vorderrad übertragen, welches gleichzeitig auch als Lenkrad dient. Der Motor ist oben an der Lenkgabel befestigt und wird beim Lenken mitgedreht.

Durch den »Vorderradantrieb« wird das »Schleudern« des Hinterwagens vermieden. Der Motor hat $3^1/_2$ PS und können Fahrgeschwindigkeiten bis 35 km in der Stunde erreicht werden.

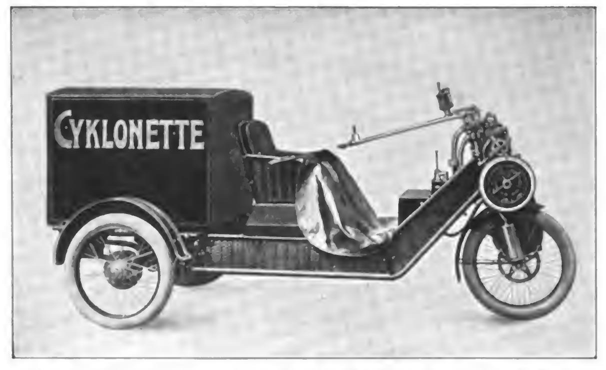


Fig. 224. »Cyklonette«-Lieferungswagen der Maschinenfabrik Cyklon in Rummelsburg bei Berlin.



Fig. 225. »Cyklonette« mit Verdeck für 2 bis 3 Personen.
Preis 2750 Mark. Länge 265 m, Breite 1,42 m, Höhe 1,40 m, Spurweite 1,25 m, Gewicht 253 kg.

Fig. 226. Neckarsulmer Motorrad mit abnehmbarem Seitenwagen.

Fig. 226 zeigt ein Motorrad mit abnehmbarem Seitenwagen, gebaut von der Neckarsulmer Fahrradwerke-A.-G. in Neckarsulm. Der Motor ist zweizylindrig und hat 5 PS. Das Rad hat »Pedalrücktritt-Felgenbremse«, Doppelübersetzung und Leerlauf. Eventuell mit Ventilation zur Verstärkung der Kühlung.

In Fig. 227 ist ein $2^1/_2$ PS-Motorrad der Wanderer-Fahrradwerke in Schönau bei Chemnitz dargestellt. Das Hinterrad hat Freilauf und Rücktritt-Innenbremse.

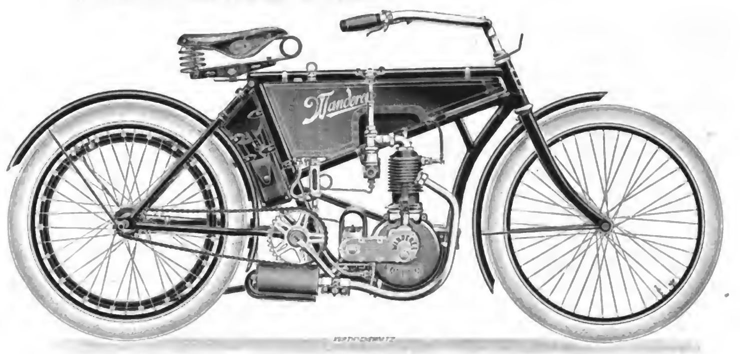


Fig. 227. $2^1/_2$ PS-Motorrad der Wanderer-Fahrradwerke. Preis 840 Mark.

Fig. 228 ist ein Motorrad der Akt.-Ges. H. u. A. Dufaux & Co. in Genf (Schweiz), Marke »La Motosacoche«. Der Motor ist so eingerichtet, daß er in ein gewöhnliches Fahrrad eingesetzt werden kann. Der $1^1/_2$ PS-Motor kostet 395 Mark.



Fig. 228. Fahrrad, ausgerüstet mit dem $1^1/_2$ PS-Motor »La Motosacoche«.

In den Fig. 229 und 230 ist einer der schon erwähnten »Vorspannwagen« dargestellt, welche der Oberleutnant Troost für seine Verkehrsunternehmungen in Südwestafrika konstruiert hat. Die dort vorhandenen tiefsandigen Wegstrecken sind mit den gewöhnlichen Kraftlastwagen nicht zu befahren und ist der Oberleutnant Troost auf den Ausweg verfallen, den Vorspannwagen mit einer starken Drahtseilwinde auszurüsten. An schwierigen Weg-



Fig. 229. Troostscher Vorspannwagen.

1 Treibrad. — 2 Kettenrad. — 3 Antriebsriemenscheibe. — 4 Antriebsriemen. — 5 Lenkzapfen.

strecken angekommen, wird das Seil an dem Anhängewagen befestigt, der Motorwagen fährt allein vor, bis das Seil in ganzer Länge abgewickelt ist; alsdann wird der Wagen festgestellt und zieht nun den Anhängewagen an dem Seil zu sich heran.

Die Bauart des Vorspannwagens weicht in allen Teilen von den sonst üblichen Kraftlastwagen ab. Größte Einfachheit und Betriebssicherheit ist der leitende Grundsatz bei Konstruktion

dieser sorgfältig erprobten Wagen gewesen, alle etwa vorkommenden Reparaturen müssen mit den Hilfsmitteln hergestellt werden können, welche der Wagen bei sich führt. Um das Ausgleichgetriebe zu vermeiden, ist der Wagen als ein Riesendreirad ausgebildet. Als Treibrad dient das 2,3 m große, sehr breite Hinterrad, die Vorderräder dienen zur Lenkung und sind mit drehbaren Achsschenkeln ausgerüstet.

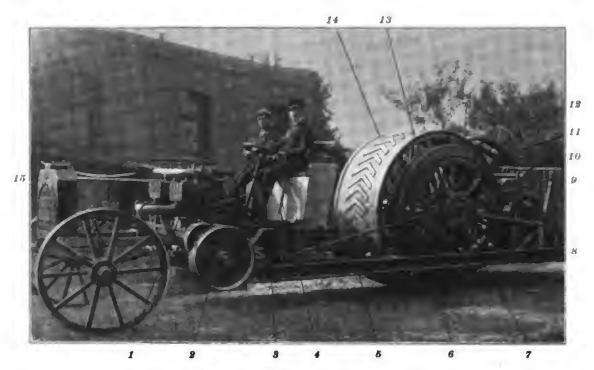


Fig. 230. Troostscher Vorspannwagen.

1 Motor. — *2* Schwungrad. — *3* Brennstoffregulierung. — *4* Hebel für das Wechselgetriebe. — *5* Zugstange für das Wechselgetriebe. — *6* Kettenrad. — *7* Kugellager für die Treibachse. — *8* Kettenspanner. — *9* Getriebe. — *10* Schaltgestänge. — *11* Kuppelung. — *12* Antriebsriemenscheibe. — *13* Seiltrommel. — *14* Treibrad.

Für den Betrieb des Wagens dient der schon erwähnte Swiderski-Petroleummotor von 70 PS, er überträgt seine Kraft durch einen Riemen auf das hinten angeordnete Zahnradgetriebe, von wo aus das große Treibrad mittels Gelenkkette angetrieben wird. Die Seiltrommel zum Heranziehen der Anhängewagen ist fest mit dem Treibrad verbunden, soll die Winde benutzt werden, so wird der Wagenrahmen mit Schrauben angehoben, das Treibrad dreht sich dann gleichzeitig mit der Seiltrommel und wirkt als Schwungmasse helfend mit. Alle Zahngetriebe und Kuppelungen, welche sonst für den Antrieb der Winde nötig waren, fallen damit fort.

Schienenfahrzeuge, welche mit Verbrennungsmotoren betrieben werden.

Wie erwähnt, wurde der erste im Jahre 1879 von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. G. Egestorff gebaute Benzinmotor auch sofort für den Betrieb eines Schienenfahrzeuges benutzt. In Fig. 231 ist dieses Fahrzeug dargestellt.

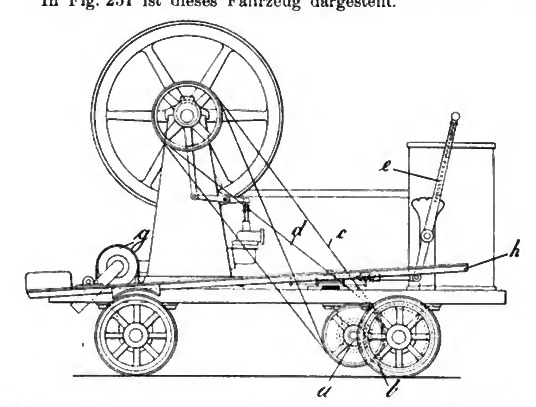


Fig. 231. Erstes mit einem Benzinmotor betriebenes Schienenfahrzeug vom Jahre 1880.

a b Zahnradgetriebe. — *c d* Offener und gekreuzter Antriebsriemen, für Vor- und Rückwärtsfahrt zu benutzen. — *e* Händelstange zum Verschieben der Riemen. — *h* Fußtrittbremse. — *g* Schalldämpfer.

Im Jahre 1887 brachte dann der Ingenieur Daimler ein mit seinem schnellaufenden Benzinmotor betriebenes Schienenfahrzeug an die Öffentlichkeit, welches längere Zeit den Personenverkehr zwischen dem Wilhelmsplatz und dem Kursaal in Cannstatt unterhielt. Auch während der nordwestdeutschen Gewerbe- und Industrie-Ausstellung zu Bremen im Jahre 1890 war dies originelle Fahrzeug in Benutzung.

Dieses Daimlersche »Sommerwaggonet« ist in Fig. 232 dargestellt. Wie ersichtlich, besteht das Fahrzeug aus zwei auf Rädern stehenden Sitzbänken, an deren hinterem Ende ein Kasten für Aufnahme des zweipferdigen Motors angebracht ist. Der Wagenführer nimmt hier auf einem Sattel Platz.

Die Kraft kann durch zwei Zahnradübersetzungen für 7 und 15 km Fahrgeschwindigkeit pro Stunde auf die Wagenachse übertragen werden. Einrichtungen zum Rückwärtsfahren waren nicht vorhanden. Spurweite des Wagens 600 mm.



Fig. 232. Daimlers »Sommerwaggonet« vom Jahre 1887.

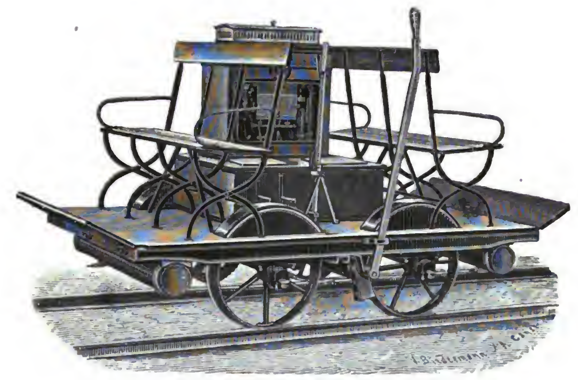


Fig. 233. Daimlers Draisine.

Weitere Schienenfahrzeuge aus jener Zeit sind die in Fig. 233 dargestellte »Draisine« und der für die Firma Fr. Krupp gelieferte Motor-Eisenbahnwagen, welcher den Verkehr zwischen dem Kruppschen Schießplatz und der Stadt Meppen vermittelt.



Fig. 234. Daimlers Motor-Eisenbahnwagen.

Zeitgemäße Schienenkraftwagen (Lokomotiven).

Die mit schnellaufenden Motoren betriebenen Lokomotiven haben wenig Eingang gefunden. Hier waren die mit mäßiger Umdrehungszahl laufenden Motoren von längster Gebrauchsdauer, größter Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit am Platz, wie sie sich im Gewerbebetrieb bewährt hatten. Es waren dann namentlich die Gasmotorenfabrik Deutz und die Motorenfabrik Oberursel, welche sich in Deutschland mit Ausbildung der von Verbrennungsmotoren betriebenen Lokomotiven beschäftigt haben. Der Eigenart des Motors und seinem augenblicklichen Entwicklungsstand entsprechend hat man diese Lokomotiven nicht für den Betrieb im großen Stil, sondern nur für den Kleinbetrieb ausgebildet.

Die Lokomotiven dieser Art finden heute hauptsächlich Verwendung im Bergbau, in der Land- und Forstwirtschaft, bei Tunnel- und Kanalbauten, für Ziegeleien, Zuckerfabriken, Steinbrüche usw.

Der Brennstoffverbrauch der Lokomotiven beträgt je nach den Bahnverhältnissen 0,05 bis 0,09 kg Benzin oder Benzol für den Nutztonnenkilometer.



Fig. 235. Feld- und Waldbahnlokomotive mit Motoren bis 32 PS, gebaut von der Gasmotorenfabrik Deutz.

In Fig. 235 bis 239 sind verschiedene Lokomotiven der Gasmotorenfabrik Deutz und der Aktiengesellschaft Oberursel dargestellt.



Fig. 236.
Rangierlokomotive mit Motoren bis 60 PS, gebaut von der Gasmotorenfabrik Deutz.

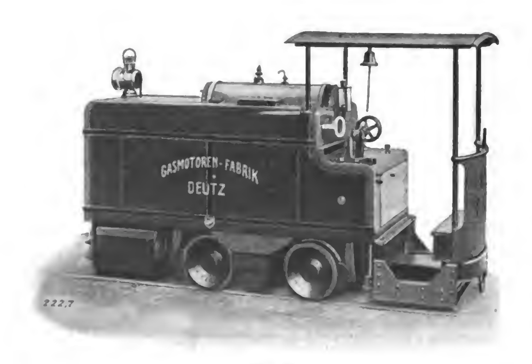


Fig. 237.
Grubenbahnlokomotive mit Motoren bis 32 PS, gebaut von der Gasmotorenfabrik Deutz.



Fig. 238. Rangierlokomotive mit Spiritus-Benzinbetrieb, gebaut von der Motorenfabrik Oberursel.



Fig. 239. Grubenlokomotive im Betriebe bei der Bergbau-Aktiengesellschaft Friedrichssegen in Friedrichssegen a. d. Lahn.



Fig. 240. Daimlers erstes Motorboot vom Jahre 1886.

Fig. 241. Einrichtung eines in Amerika gebauten Daimlerbootes vom Jahre 1890.

W Sitz für den Steuermann. — *V* Steuerhebel. — *U* Umsteuerhebel für die Schraube. — *H* Hebel für den Gemischbilder.

Alle zur Bedienung des Motors nötigen Handgriffe können vom Sitz des Steuermannes aus ausgeführt werden.

Mit Verbrennungsmotoren betriebene Wasserfahrzeuge.

Als erstes mit einem Benzinmotor betriebenes Boot ist das in Fig. 240 dargestellte Motorboot von Daimler aus dem Jahre 1886 zu bezeichnen. In Fig. 241 ist die innere Einrichtung eines Daimlerbootes dargestellt, wie es zu Anfang der neunziger Jahre in Amerika gebaut wurde. Das Boot ist mit dem Zweizylindermotor ausgerüstet, welcher im neunten Abschnitt näher beschrieben wurde.

Zeitgemäße Motorboote.

Der Mangel der Verbrennungsmotoren, nicht selbsttätig anzugehen und die Drehungsrichtung nicht leicht umkehren zu können, hat sich bei den Motorbooten von vornherein besonders fühlbar gemacht und ist der einfachen, billigen Ausführung dieses so nützlichen Verkehrsmittels immer sehr hinderlich gewesen.

Daimler hatte bei seinem ersten Boot für die Umsteuerung ein Reibräder-Wendegetriebe benutzt; spätere Konstrukteure erinnerten sich an eine Einrichtung, welche in früheren Zeiten für Segelschiffe unter dem Namen »Segelschraube« in Gebrauch war. Bei diesen Segelschrauben waren die Flügel drehbar in die Schraubennabe eingesetzt und durch die hohle Schraubenwelle mittels eines Gestänges verstellbar. Bei gutem Winde und Benutzung der Segel wurde der Betrieb mit der Schraube eingestellt und die Flügel so gerichtet, daß sie den geringsten Widerstand darboten.

Es war nur nötig, bei diesen Segelschrauben die Verdrehbarkeit der Flügel noch so weit zu vergrößern, daß nun, trotzdem sich die Schraubenwelle in demselben Sinne wie für den Vorwärtsgang drehte, eine Bewegung des Schiffes nach rückwärts stattfand.

Schon zu Anfang der neunziger Jahre war es dann gelungen, diese umsteuerbare Schiffsschraube so weit zu vervollkommnen, daß sie für den Betrieb von Booten brauchbar war, und ist es namentlich die Firma Karl Meißner in Hamburg gewesen, welche sich um die Ausbildung dieser Schraube besonders bemüht hat.

Erst nachdem man in neuester Zeit immer größere Wasserfahrzeuge — wirkliche Schiffe — mit Verbrennungsmotoren ausrüstete, erwiesen sich sowohl die Wendegetriebe wie die Umkehr-

schrauben als nicht mehr ganz ausreichend. Die Wendegetriebe sind für größere Kräfte überhaupt ausgeschlossen. Auch die Umkehrschraube zeigt bei großer Ausführung Schattenseiten. Die Reibungswiderstände, welche bei Bewegung der unter dem Arbeitsdruck stehenden Schraubenflügeln zu überwinden sind, erfordern so große Kräfte zur Betätigung, daß sie mit Menschenkräften nicht mehr mit der nötigen Schnelligkeit ausgeführt werden können. Als weiteres Bedenken kommt hinzu, daß die durch Frühzündungen und ausbleibende Zündungen entstehenden Stöße bei den leichten Schwungrädern dieser Motoren sich sehr verderblich auf die Zahnräder der Wendegetriebe und die Flügel der Umkehrschraube äußern können. Die unerklärlichen Zahnbrüche und das »Verlorengehen« von Schraubenflügeln haben häufig in diesen Stößen ihre Ursache.

Alle diese Mängel haben dazu geführt, ernstlich an die Lösung der Aufgabe zu gehen, die Verbrennungsmotoren auch bezüglich des Angehens und der Umsteuerbarkeit gleichwertig mit den Dampfmaschinen zu machen, damit Schiffsschrauben mit festen Flügeln wie bei Dampfschiffen benutzt werden können und das Fahrzeug in seinen Bewegungen sicher beherrscht werden kann. Man rüstet daher Schiffsmotoren von etwa 100 PS an jetzt fast überall mit Druckluftanlassung und Umsteuervorrichtung aus. Z. B. baut die Firma Gebr. Sulzer in Winterthur Zweitakt-Dieselmotoren für den Betrieb von Torpedobootsmotoren, welche mit solchen Einrichtungen versehen sind; auch die Unterseebootsmotoren von Gebr. Körting und die Antoinette-Motoren haben diese Einrichtungen. In Rußland sind Kanonenboote gebaut, welche mit Viertakt-Dieselmotoren betrieben werden. Hier wird die Kraft des Motors nicht unmittelbar auf die Schraubenwelle übertragen, sondern es ist auf der Motorwelle eine Dynamomaschine und auf der getrennten Schraubenwelle ein Elektromotor befestigt. Der Motor erzeugt elektrische Energie in der Dynamomaschine, diese sendet den Strom in den Elektromotor und von diesem aus kann die Schraubenwelle nun in bekannter Weise nach Belieben in beiden Drehrichtungen angetrieben werden. Wie erinnerlich sein wird, hatte man schon vor Jahren versucht, elektrische Lokomotiven und auch Motorwagen nach diesem System zu bauen. Ganz abgesehen von der Kostspieligkeit sind aber die Arbeitsverluste bei diesem Verfahren so bedeutend, daß die geringen Bequemlichkeiten, welche damit verbunden sind, doch zu teuer erkauft werden müssen.

In Fig. 242 ist das Reibrad-Wendegetriebe dargestellt, welches Daimler für sein erstes Boot benutzt hat.

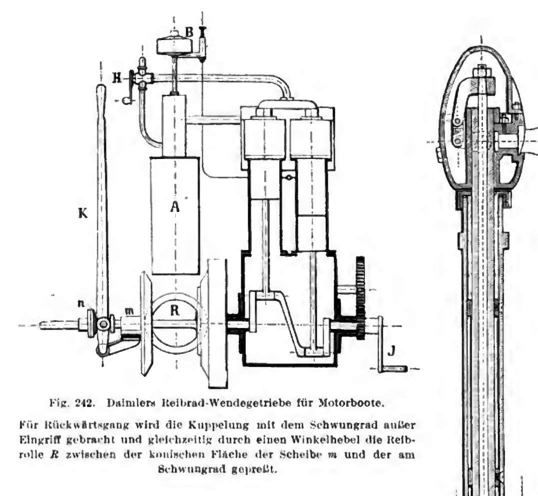


Fig. 242. Daimlers Reibrad-Wendegetriebe für Motorboote.

Für Rückwärtsgang wird die Kuppelung mit dem Schwungrad außer Eingriff gebracht und gleichzeitig durch einen Winkelhebel die Reibrolle *R* zwischen der konischen Fläche der Scheibe *m* und der am Schwungrad gepreßt.

Fig. 243 zeigt die Umkehrschraube, wie sie Ende der neunziger Jahre von der Motorenfabrik Grob & Co. in Leipzig ausgeführt wurde.

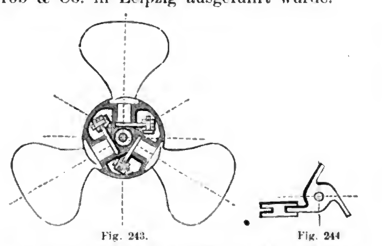


Fig. 243. Fig. 244



Umkehrschraube der Motorenfabrik Grob & Co. in Leipzig.

Fig. 245. Schraubenflügelverstellung für Motorboote.

In Fig. 246 ist eine Umkehrschraube neuester Konstruktion, wie sie von der Firma Karl Meißner in Hamburg für größere Boote ausgeführt wird, dargestellt.

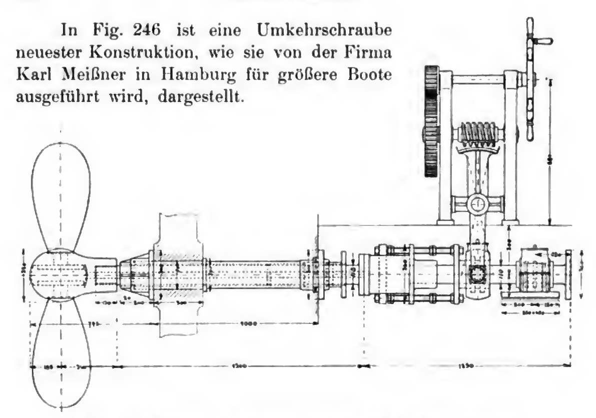


Fig. 246. Umkehrschraube für größere Boote von Karl Meißner in Hamburg.

In Fig. 247 und 248 sind auch zwei Zahnrad-Wendegetriebe dargestellt, wie sie von den Firmen Bieberstein & Gödicke in Hamburg und Heinrich Kämper in Berlin-Mariendorf ausgeführt werden.

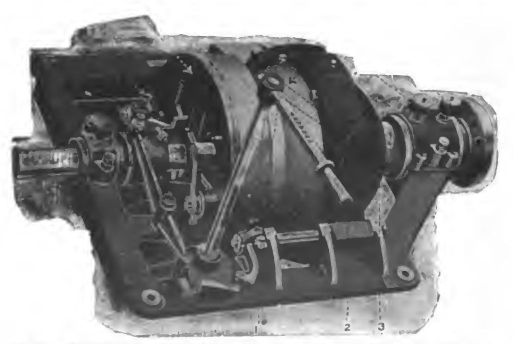


Fig. 247. Wendegetriebe für Schiffsschrauben von Bieberstein & Gödicke in Hamburg.

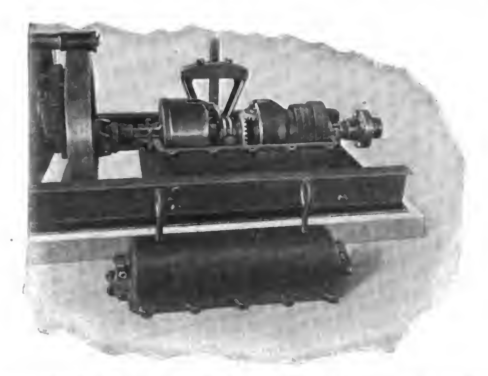


Fig. 248. Wendegetriebe für Schiffsschrauben von Heinrich Kämper in Berlin-Mariendorf

In Fig. 249 ist eine sog. »Überhängeschraube« dargestellt, wie sie von der Cudell-Motoren-Gesellschaft m. b. H., Berlin N., für kleine Boote ausgeführt wird. Motor, Schraubenwelle und Schraube bilden ein Ganzes und sind auf einem Drehzapfen an Stelle des

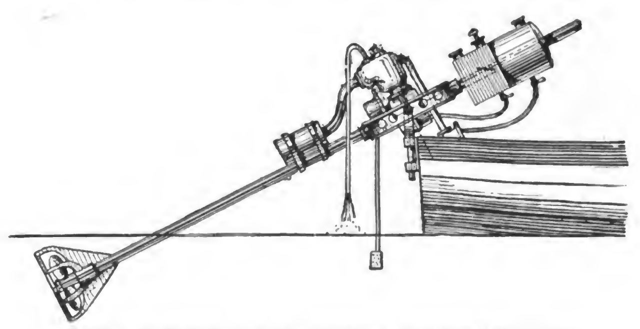


Fig. 249. Motorschraube von $2^1/_2$ PS für kleinere Boote und Jachten, gebaut von der Cudell-Motoren-Gesellschaft m. b. H., Berlin N.

Steuers befestigt, die Schraubenwelle kann nach Belieben gesenkt, gehoben und nach den Seiten geschwenkt werden. Außerdem kann die Schraubenwelle in jeder Höhenlage festgestellt werden.

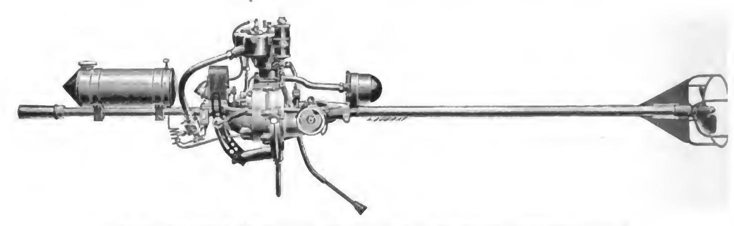


Fig. 250. Motorschraube von $2\frac{1}{2}$ PS, gebaut von der Cudell-Motoren-Gesellschaft m. b. H., Berlin N.



Fig. 251. Boot mit Cudell-Motorschraube.

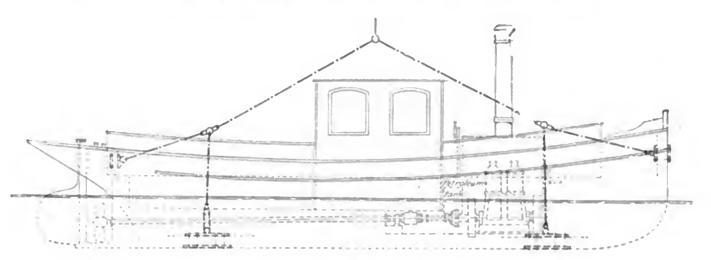


Fig. 252.

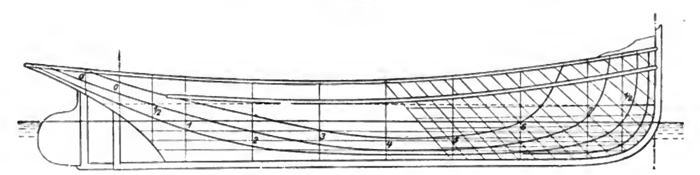


Fig. 253.

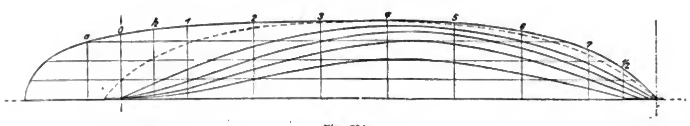


Fig. 254.

Fig. 252 bis 254. Motorboot der Firma Karl Meißner in Hamburg.

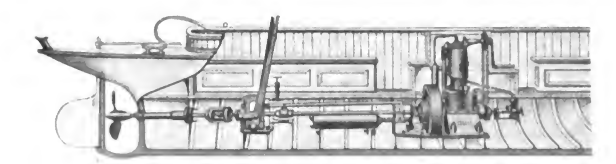


Fig. 255. Längsschnitt eines Motorbootes der Firma Karl Meißner.



Fig. 256. Ansicht eines Motorbootes der Firma Karl Meißner.



Fig. 257. Motor-Rennboot der Firma John J. Thornycroft & Co. in London.



Fig. 258. Motorboot, gebaut von der Firma Bieberstein & Gödicke in Hamburg.

In Fig. 259 und 260 ist die Motorenanlage eines Personen- und Lastschiffes mit drei Dieselmotoren von zusammen 3000 PS und elektrischer Übertragung der Kraft auf die Schraubenwelle dargestellt.

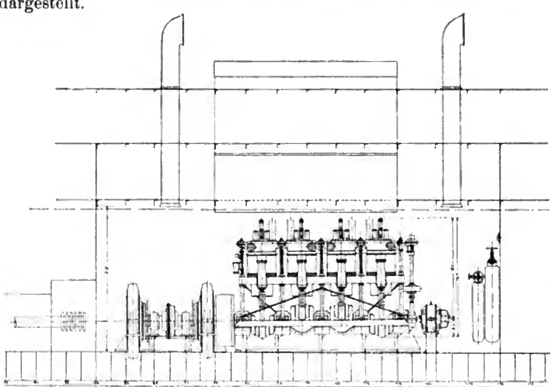


Fig. 259.

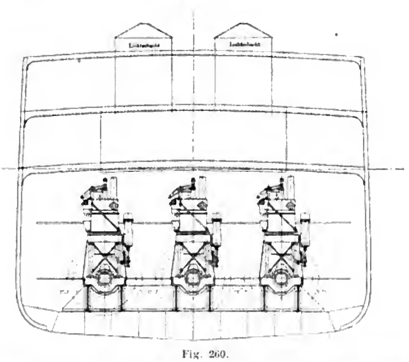


Fig. 260.

Motorenanlage eines Personen- und Lastschiffes mit drei Vierzylinder-Dieselmotoren von zusammen 3000 PS und elektrischer Kraftübertragung auf die Schraubenwellen.

Zu Fig. 259 und 260.

Zylinderdurchmesser 700 mm, Hub 770 mm, Umdrehungen pro Minute 150, Gewicht jedes der Motoren 110 tons, Normalleistung jedes Elektromotors 670 PS, Gewicht einer der elektrischen Einrichtungen 60 tons, Gewicht einer elektromagnetischen Kuppelung 3 tons, Gewicht eines Propellers mit Welle 15 tons, Gesamtgewicht der mechanischen Einrichtung 564 tons, Gewicht des Antriebes für die geleistete Pferdestärke **188** kg.

Fig. 261 und 262 zeigt ein Kanonenboot der russischen Marine mit zwei Dieselmotoren und elektrischer Kraftübertragung auf die Schraubenwellen.

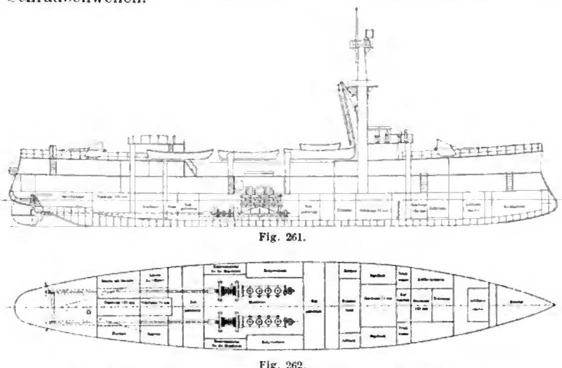


Fig. 261.

Fig. 262.

Russisches Kanonenboot mit Dieselmotoren und elektrischer Kraftübertragung auf die Schraubenwellen.

Größte Länge 67,2 m, größte Breite 11,28 m, Tiefgang 3,28 m, Verdrängung 1316 Tonnen, größte Geschwindigkeit 13 Knoten, Arbeitsleistung 1400 PSi, Brennstoffverbrauch pro Stunde und PS 0,200 kg, Brennstoffvorrat 155 Tonnen.

Motor-Luftfahrzeuge.

Die ersten Versuche, steuerbare Luftballons zu bauen, sind in Frankreich gemacht worden. Es war der Ingenieur Renard, dem es anfangs der achtziger Jahre gelang, einen Luftballon herzustellen, welcher durch einen Gasmotor mit genügender Geschwindigkeit vorwärts getrieben wurde, um ihn in seinen Bewegungen beherrschen zu können. Auch in Deutschland wurden bald darnach ähnliche Versuche gemacht, die aber nicht glücklich ausfielen. Ein Motorluftballon, welcher zu jener Zeit auf dem Tempelhofer Felde bei Berlin seine erste Versuchsfahrt unternahm, entzündete sich in der Höhe und die Insassen fanden ihren Tod.

Es traten dann die Bestrebungen des deutschen Ingenieurs Otto Lilienthal in den Vordergrund, welcher es mit Nachahmung des Vogelfluges ohne tragenden Gasballon versuchte und damit so weit gelangte, daß er beim Herablassen von Anhöhen mehrere hundert Meter weit fortzuschweben vermochte. Auch Lilienthal fand im Jahre 1896 bei seinen Flugversuchen den Tod.

Inzwischen waren dann die Benzinmotoren erfunden und soweit vervollkommnet worden, daß man nun mit neuen Hoffnungen an die Fortsetzung der Versuche mit den steuerbaren Luftballons denken konnte. Für den alten, mit der Luftströmung dahintreibenden Ballon war die Kugelform die einfachste und richtigste, mit der kleinsten Oberfläche war hier die größte Gasmenge zu umschließen. Mit dem Verlangen nach selbsttätiger Bewegung mußte aber diese Form verlassen werden. Es ergab sich die walzenförmige, vorn und hinten zugespitzte Form. Für die Bauart der Gondel, welche nun auch den Motor aufzunehmen hatte, waren ebenfalls andere Bedingungen maßgebend. Endlich mußte auch das alte, nach allen Richtungen hin nachgiebige Ballonnetz durch eine festere, möglichst starre Verbindung ersetzt werden, wenn von der Gondel aus die Bewegung des Ballonkörpers, der ja den eigentlichen Widerstand darbietet, erfolgen sollte.

Hieraus haben sich die heute benutzten, verschiedenen »Luftschiffsysteme« ergeben. Bei dem »starren« System des Grafen v. Zeppelin wird der Ballonkörper aus einem starren Gerüst von Aluminiumbronze gebildet, über das der gasdichte Stoff gespannt ist. An den Stäben des Gerüstes sind alle anderen Teile, die Gondel, die Treibschrauben, das Höhen- und Seitensteuer starr befestigt. Es ist verständlich, daß ein Luftschiff dieser starren Konstruktion nur mit großen Schwierigkeiten auf dem Lande zu transportieren ist und nicht ohne weiteres auf festem Boden landen kann. Graf Zeppelin hat also sein Luftschiff von vornherein in einer auf dem Wasser schwimmenden Halle erbaut und unternimmt seine Fahrten immer vom Wasser aus. Diese Abhängigkeit von einer großen, möglichst ruhigen Wasserfläche für den Aufstieg und das Landen (?) ist ein Mangel des starren Systems. Andere Erfinder, deutsche und französische, haben daher weniger starre Einrichtungen gewählt. Sie behielten die ungestützte Ballonhülle bei und gaben ihr die nötige Standfestigkeit durch verstärkten Gasdruck. Die Ballonhülle muß hier also, im Gegensatz zu der alten Ballonform, geschlossen sein. Die Gondel hat eine starre, lang-

gestreckte Form, in ihr stehen die Motoren und an ihr sind die Luftschrauben und die Steuer befestigt. An Stelle des Netzes umfassen Stoffdecken oder breite Gurte den Ballon.

Da die Gasfüllung sich für jeden Grad wechselnder Luftwärme um $^1/_{273}$ ihres Volumens ausdehnt oder zusammenzieht, so ist es unvermeidlich, daß der Gasdruck im Ballon bald steigt und bald sinkt und die Hülle leicht einen zu starken Druck erhalten könnte. Bei den alten Ballons regeln sich diese Druckschwankungen dadurch, daß der nach unten herunterhängende Füllschlauch offen bleibt. Bei der geschlossenen Hülle hat man Luftsäcke im Innern untergebracht, die einen nach außen hängenden Füllschlauch haben. Durch einen Ventilator können die Säcke — Ballonets — unter bestimmtem Druck aufgeblasen und mit Luft gefüllt erhalten werden.

In Fig. 263 ist das starre Luftschiff des Grafen v. Zeppelin dargestellt, in Fig. 264 das halbstarre französische Luftschiff »La Ville de Paris«.



Fig. 263. Lenkbares Luftschiff des Grafen v. Zeppelin. (Starres System.)

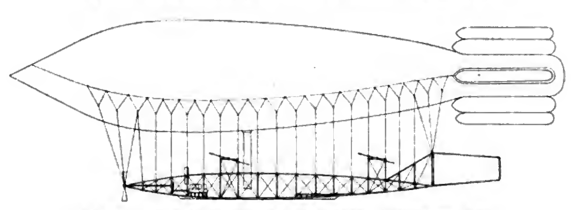


Fig. 264. Lenkbares Luftschiff »La Ville de Paris«. (Halbstarres System.)

Motorlokomobilen.

Ausgedehnter Verwendung erfreut sich der Verbrennungsmotor als fahrbare Betriebsmaschine (Lokomobile). Als Brennstoffe sind hier namentlich Rohbenzol, Ergin und Petroleum im Gebrauch. Benzin wird mit Rücksicht auf den hohen Preis und seine Feuergefährlichkeit nur wenig benutzt. Ebenso wie bei den Motor-

lokomotiven werden auch bei den Lokomobilen meist ortsfeste, langsam laufende Motoren verwendet. Als Kühlvorrichtung findet sich häufig die »Verdampferkühlung«, aber auch die Oberflächen- und die Luftkühlung, von der später noch die Rede sein wird,

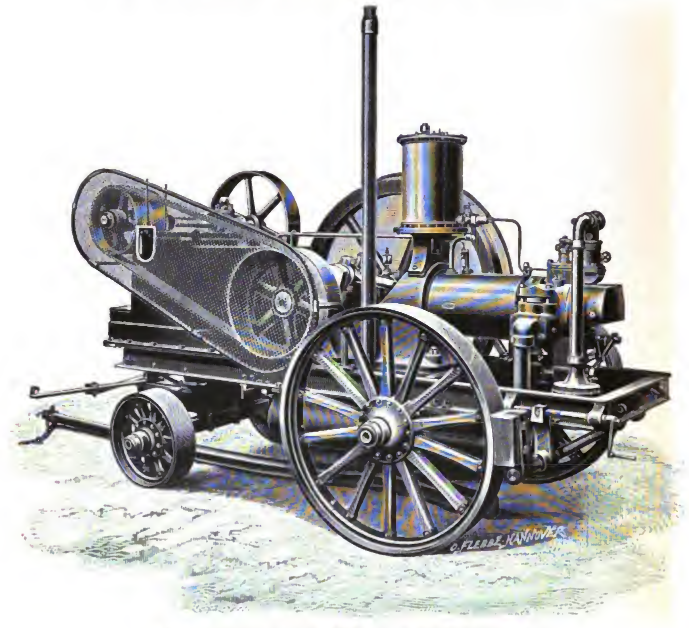


Fig. 265. Lokomobile mit Vorgelege der Gasmotorenfabrik »Deutz«.

sind in Gebrauch. Damit die Lokomobile für verschieden schnell laufende Arbeitsmaschinen gebraucht werden können, sind sie meistens mit einem Riemenvorgelege ausgerüstet.

In den Fig. 265 bis 272 sind eine Anzahl Lokomobilen aus verschiedenen Fabriken dargestellt.



Fig. 266. Lokomobile mit Vorgelege, gebaut von der Motorenfabrik »Oberursel«.

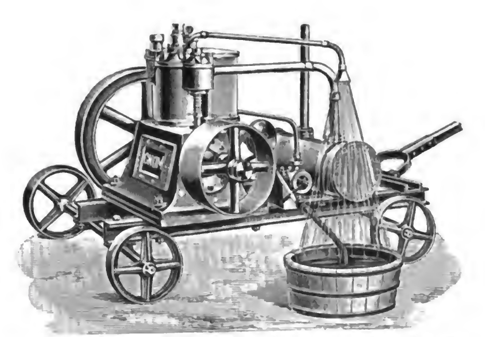


Fig. 267. Lokomobile von 2 bis 6 PS, gebaut von der Motorenfabrik »Oberursel«. (Preis 2360 bis 3800 Mark.)



Fig. 268. Lokomobile von Bieberstein & Gödicke in Hamburg.



Fig. 269. Lokomobile der Motorenfabrik »Oberursel«.

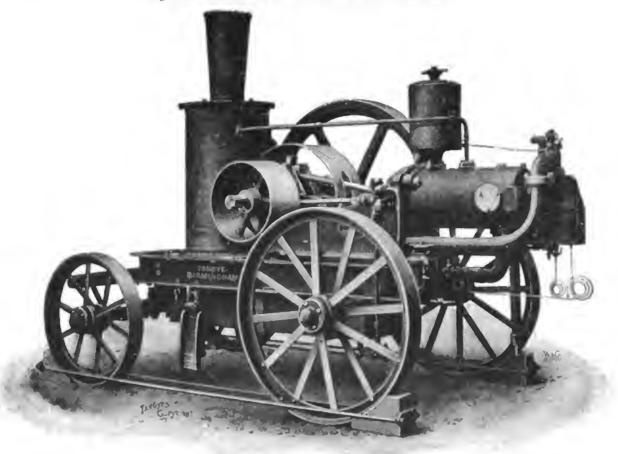


Fig. 270. Lokomobile von Tangyes, Ltd., Birmingham.



Fig. 271. Lokomobile von Ganz & Co. in Budapest.



Fig. 272. Lokomobile der Maschinenbau-A.-G. vorm. Ph. Swiderski in Leipzig.

Motorpumpen für Wasser und Luft.

Ausgedehnte Verwendung finden die Verbrennungsmotoren auch für den Betrieb von Pumpenanlagen, welche die Wasserversorgung kleiner Städte, Wasserstationen für Eisenbahnen, land-

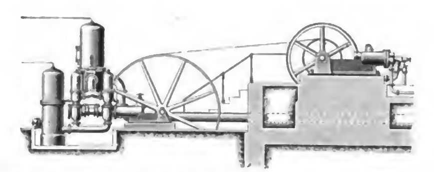


Fig. 273. Wasserwerksanlage mit Motorenbetrieb von der Aktiengesellschaft Gebr. Körting in Körtingsdorf-Hannover.

wirtschaftliche Betriebe, Gärtnereien usw. bewirken. Für größere Pumpen erfolgt der Antrieb durch Riemen, Zahnräder oder Gelenkketten, für kleinere Anlagen bilden Motor und Pumpe ein Ganzes.

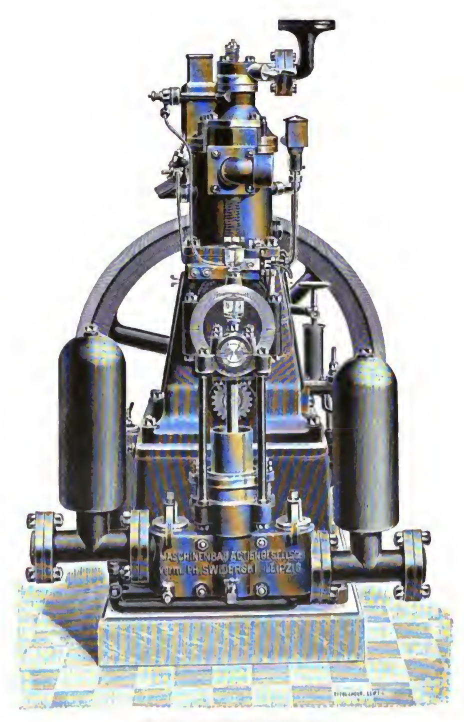


Fig. 274. Swiderskis Motorpumpe.

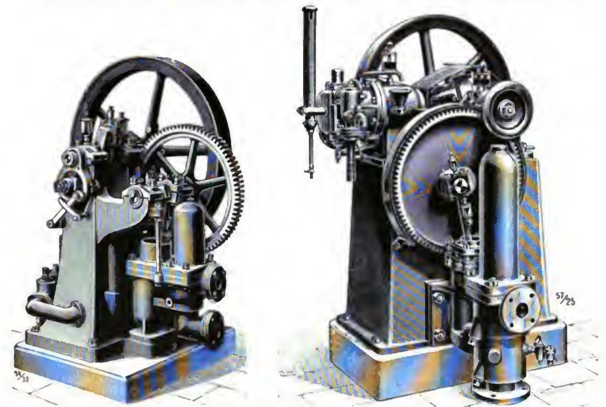


Fig. 275 und 276. Körtings Motorpumpen.

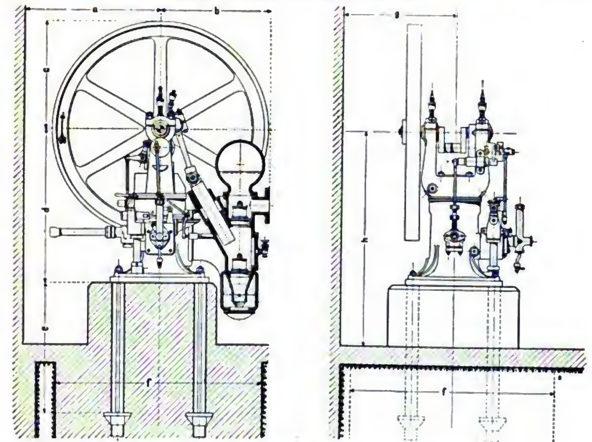
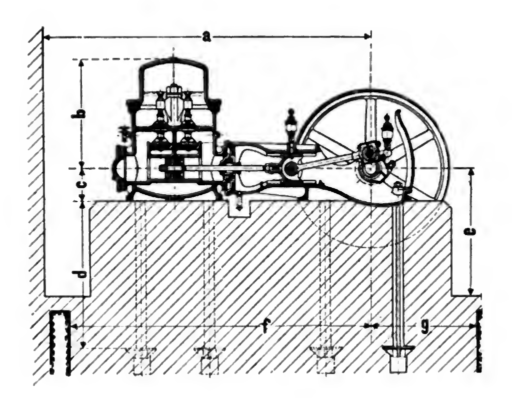


Fig. 277 und 278. Motorpumpe der Gasmotorenfabrik »Deutz«.



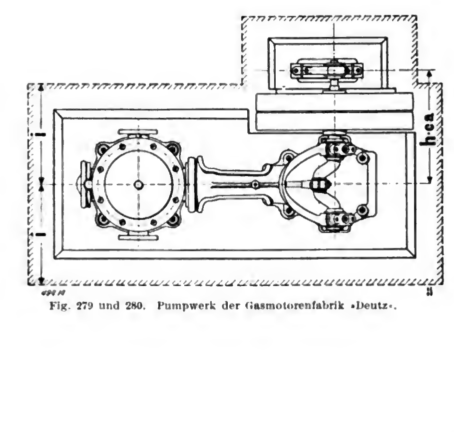


Fig. 279 und 280. Pumpwerk der Gasmotorenfabrik »Deutz«.

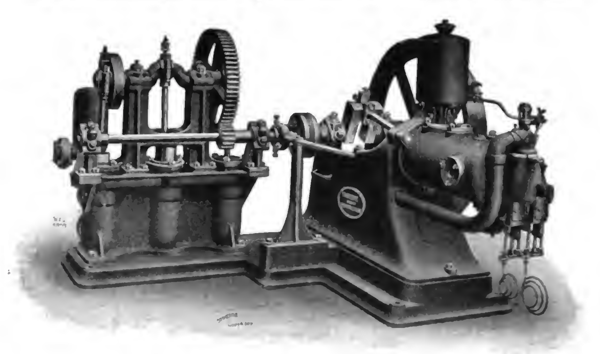


Fig. 281. Pumpwerk von Tangyes, Ltd., Birmingham.

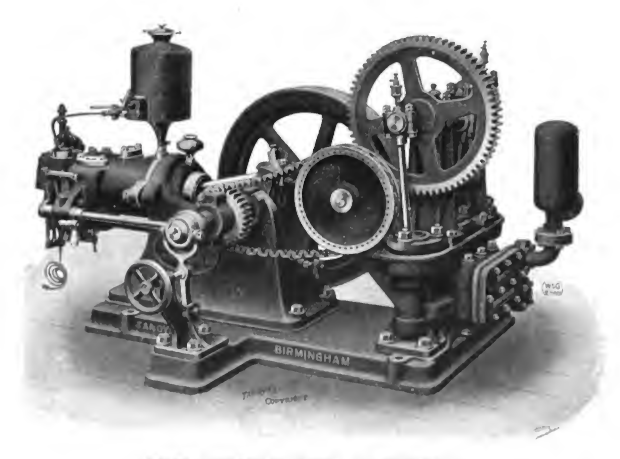
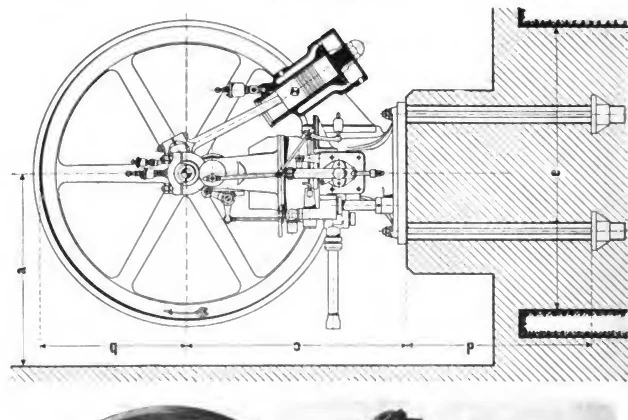


Fig. 282. Pumpwerk von Tangyes, Ltd., Birmingham.



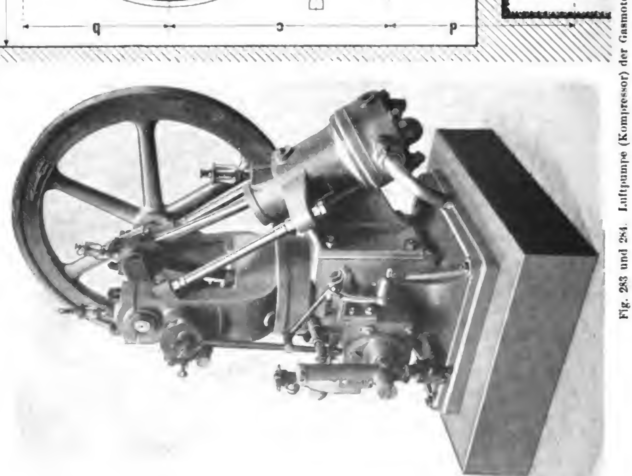


Fig. 283 und 284. Luftpumpe (Kompressor) der Gasmotorenfabrik »Deutz«.

Noch für viele andere Zwecke finden die Verbrennungsmotoren Verwendung. Namentlich sind es Baumaschinen, Feuerspritzen, fahrbare Dynamomaschinen, Pflüge, Schiebebühnen, Dreh-

scheiben usw., für deren Betrieb sie Anwendung finden. In den Fig. 285 bis 292 sind Beispiele dieser Art vorgeführt.

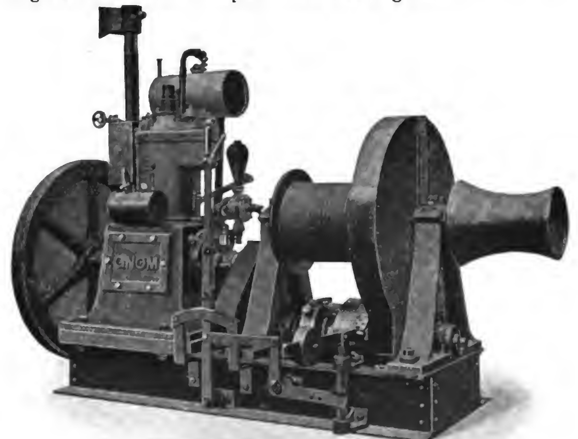


Fig. 285. Bauwinde der Motorenfabrik »Oberursel«.



Fig 286. Motor-Feuerspritze der Daimler-Motorengesellschaft in Untertürkheim.



Fig. 287. Motorkran der Motorenfabrik »Oberursel«.

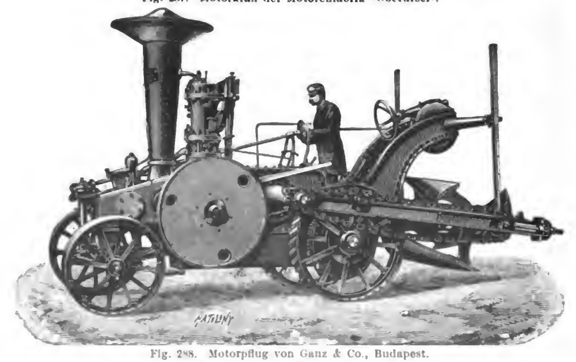


Fig. 288. Motorpflug von Ganz & Co., Budapest.

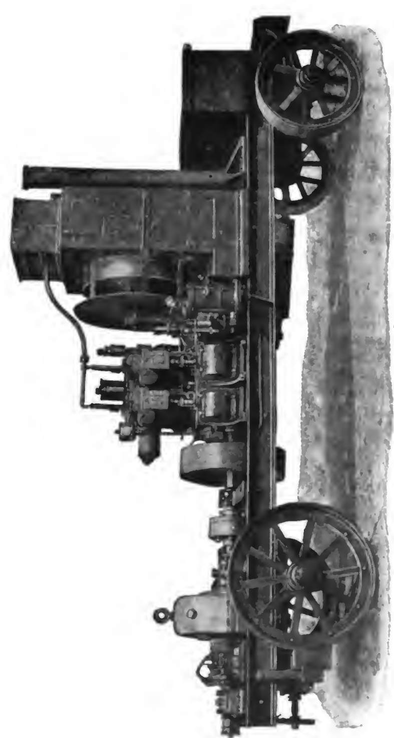


Fig. 289. Dynamowagen mit Motorenbetrieb von Bieberstein & Gödicke in Hamburg.

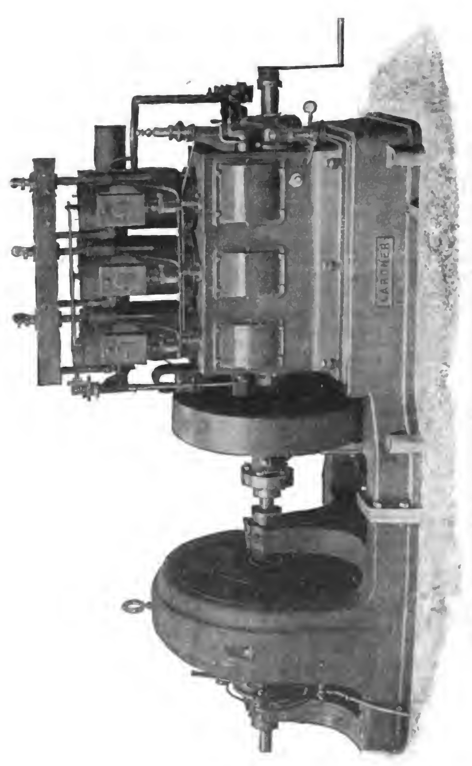


Fig. 290. Dynamoanlage mit Dreizylindermotor von Bieberstein & Gödicke in Hamburg.

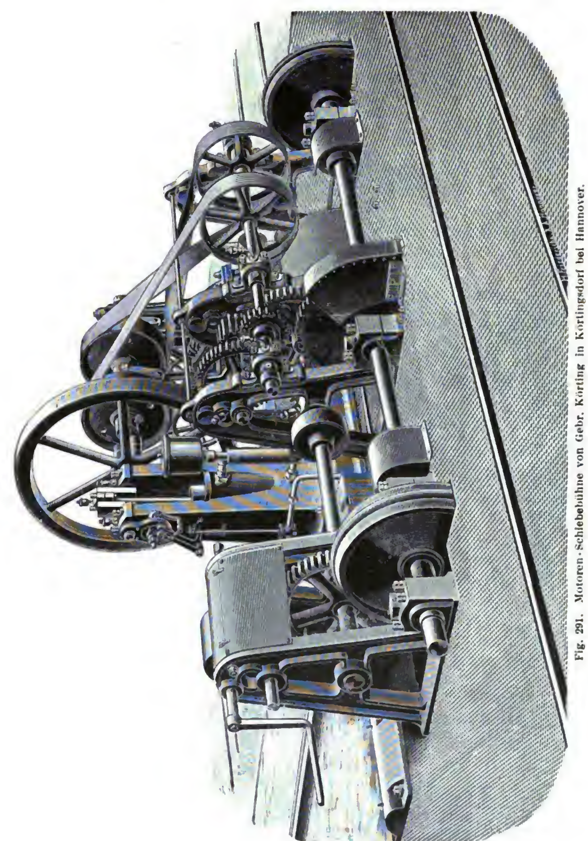


Fig. 291. Motoren-Schiebebühne von Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover.

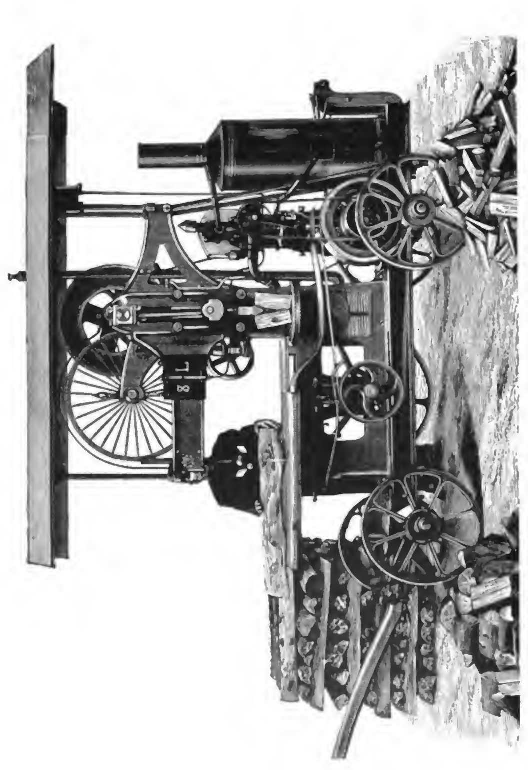


Fig. 292. Motoren-Holzsäge und Spaltwerk von Grob & Co. in Leipzig.

Elfter Abschnitt.

Aufstellung und Wartung der mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Motoren.

Mit Ausnahme des Königreichs Sachsen bedarf es im Deutschen Reich keiner Erlaubnis der Behörde zur Aufstellung eines Motors. Soll die Anlage jedoch gegen Feuersgefahr versichert werden, so sind bestimmte Bedingungen der Feuerversicherungen bei der Aufstellung einzuhalten, die am Schlusse dieses Abschnittes zum Abdruck gelangt sind.

Für die Wahl des Aufstellungsortes ortsfester Motoren sind folgende Punkte zu beachten:

1. Das Vorhandensein festen Baugrundes.
2. Die Möglichkeit, dem Motor die richtige Lage zu den Arbeitsmaschinen und der Transmission zu geben.
3. Die Möglichkeit des Transportes der großen Maschinenteile nach dem Aufstellungsort.
4. Allseitige Zugänglichkeit des Motors.
5. Die Möglichkeit, die Auspuffgase abzuführen.
6. Das Vorhandensein genügender Kühlwassermengen bzw. die Möglichkeit, das Kühlgefäß aufzustellen.
7. Prüfung der Frage: wie wird sich die Nachbarschaft zu dem Geräusch und dem Geruch der Auspuffgase verhalten?
8. Können sich die Erschütterungen beim Arbeiten des Motors im eigenen oder in benachbarten Gebäuden störend bemerkbar machen?

Für die Aufstellung kleinerer Motoren wird man sich über diese Punkte leicht klar werden, bei großen Anlagen, wie sie bei den Dieselmotoren vorkommen, ist aber alles, was mit der Aufstellung zusammenhängt, namentlich auch die Kosten, gründlich zu erwägen.

Fester Baugrund.

Aufgeschütteter oder stark tonhaltiger Boden oder Geröll eignet sich nicht als Baugrund für ein Motorenfundament. Es ist zuerst zu untersuchen, wie tief man mit dem Fundament heruntergehen

muß, bis der feste, »gewachsene« Boden erreicht ist. Dabei hat man auch Rücksicht auf den Grundwasserstand zu nehmen. Fundamentanlagen können unter ungünstigen Verhältnissen so teuer werden, daß allein aus diesem Grunde ein anderer Aufstellungsort gewählt werden muß.

Soll der Motor in den Etagen eines Gebäudes aufgestellt werden, so ist die Stärke und gute Erhaltung der Deckenkonstruktion zu prüfen.

Lage zur Transmission.

Bei Bestimmung der richtigen Lage des Motors zu den etwa vorhandenen Arbeitsmaschinen und Transmissionen ist zu berücksichtigen, daß die Arbeitsmaschinen, welche am meisten Kraft brauchen, dem Motor am nächsten liegen müssen, ferner ist zu beachten, daß der Betriebsriemen freien Raum findet und frei nach der Transmission geführt und bequem aufgelegt werden kann.

Möglichkeit des Transportes der großen und schweren Maschinenteile nach und von dem Aufstellungsort.

Die Möglichkeit, den Transport des Motors nach dem Aufstellungsort bewirken und spätere Reparaturen am Motor ausführen zu können, ist von größter Wichtigkeit; sie wird oft, wenn es sich darum handelt, den Motor in Kellerräumen oder Etagen aufzustellen, nicht genügend erwogen. Es muß ermittelt werden, ob der Weg, welchen man mit den Maschinenteilen zu machen hat, genügend Raum darbietet und in allen Teilen ausreichende Festigkeit besitzt. In dieser Beziehung sind namentlich die Treppen und Treppenpodeste zu prüfen. Durch Absteifen der Podeste und Belegen der Stufen mit starken Bohlen kann man die Tragfähigkeit der Treppen bedeutend erhöhen.

Am meisten Schwierigkeiten bietet das Hinein- und Heraustransportieren, wenn der Motor im Keller steht. Selbst bei Neubauten, in denen Motorenanlagen vorgesehen sind, werden in dieser Beziehung oft große Fehler gemacht. Häufig müssen eben fertig gewordene Wände wieder eingerissen, Türen verbreitert werden, um die großen Teile nach dem Aufstellungsort schaffen zu können. Ebenso sind alte Motoren oft unverkäuflich und können nicht auf derselben Stelle durch neue ersetzt werden, weil es inzwischen durch Umbauten unmöglich geworden ist, die alte Maschine heraus- und die neue in den Keller hineinzubringen.

Zugänglichkeit des Motors.

Das gefahrlose Anlassen und die Möglichkeit, die Bedienung und Reparaturen am Motor vornehmen zu können, wird meistens auch zu wenig berücksichtigt. Die Antriebsriemenscheibe liegt oft so dicht an der Wand, daß kein Platz bleibt, den Riemen von der Seite her bequem auf- und ablegen zu können. Zwischen Schwungradumfang und Wand ist häufig zu wenig Platz, damit der Wärter dort feste Stellung zum Drehen des Schwungrades einnehmen kann. Bei stehenden Motoren ist oft nicht Höhe genug vorhanden, um den Kolben mit der Pleuelstange aus dem Zylinder herauszuziehen. Die meisten Schwierigkeiten bereitet in Städten die Auspuffleitung, da von den Behörden gefordert wird, daß die Leitung bis über das eigene Dach und das der Nachbarn hinausgeführt werde.

Auch an die Beschaffung des Kühlwassers und den Abfluß des gebrauchten Wassers hat man zu denken. Häufig liegen die Keller so tief, daß das abfließende Kühlwasser nicht ohne weiteres in den Entwässerungskanal abfließen kann. Auch der Preis des Wassers ist zu berücksichtigen, falls es einer städtischen Wasserleitung entnommen wird. Wo keine Abflußkanäle vorhanden sind, müssen »Sickergruben« angelegt werden.

Von allergrößter Bedeutung für den ungestörten Betrieb ist, daß die Nachbarschaft nicht durch das Geräusch oder den Geruch der Auspuffgase belästigt wird. Durch Anordnung mehrerer Auspufftöpfe oder in die Leitung eingeschaltete Rippenrohre kann das Geräusch sehr gedämpft werden.

Die **Erschütterungen**, welche häufig mit dem Motorbetriebe verbunden sind, dürfen sich nicht auf die Wandungen von Wohn- oder Geschäftshäusern übertragen. Wenn auch zu fordern ist, daß die bewegten Massen des Motors bestens ausgeglichen sind, so wird in dieser Beziehung doch selten Vollkommenes erreicht.

Das Mauerwerk des Maschinenfundaments darf also auf keinen Fall in »Verband« mit dem des Gebäudes gemauert werden; die Mauerwerke dürfen sich auch nicht berühren, sondern zwischen beiden hat ein genügender Raum zu bleiben.

Fundamentierung.

Bei Fundamentierung der Verbrennungsmotoren für Größen bis 6 PS kann ein gußeiserner Sockel verwendet werden, der auf einer Betonschicht von 20 bis 25 cm genügenden Halt findet. In

den Etagen von Wohn- oder Fabrikgebäuden muß der Sockel in Nähe der Wände mit den Balken oder Trägern verschraubt werden.

Bei Befestigung größerer Motoren auf Ziegelsteinfundamenten ist darauf zu achten, daß die Fundamentanker erst dann fest angezogen werden, wenn der zum Untergießen verwendete Zement vollkommen erhärtet ist. Nach dem Festziehen ist die Stellung des Motors nochmals in allen Teilen genau zu untersuchen. Das »Warmlaufen« neuer Motoren ist keineswegs ein unvermeidliches Übel, sondern hat seinen Grund fast immer im »Verziehen« des Maschinenrahmens und des Wandlagers beim Festziehen der Fundamentanker.

Das während des Betriebes etwa auf das Fundamentmauerwerk laufende Schmieröl löst bei längerer Einwirkung den Zementmörtel auf und verwandelt ihn in einen dickflüssigen Brei. Hierdurch wird die sichere Lage des Motors gefährdet. Die meisten Motorenfabriken bringen zur Vermeidung dieses Übelstandes einen rund um den Rahmen laufenden sog. »Ölrand« an, in dem sich das herunterlaufende Öl ansammeln und entfernt werden kann. Ist kein Ölrand angebracht, so müssen Sägespäne um den Rahmen gestreut werden, die das Öl sofort aufsaugen.

Die Zeichnungen für Herstellung des Fundamentes lasse man sich vor fester Bestellung des Motors senden, um dadurch eine Übersicht über die Gesamtkosten der Anlage zu erlangen.

Das Auspuffrohr.

Gemauerte Schornsteine, aus Zinkblech gefertigte Regenabfallrohre und Wasserabflußkanäle dürfen nicht zur Abführung der Auspuffgase benutzt werden, weil sie den Drucken, welche in den Auspuffrohren unter Umständen auftreten können, nicht gewachsen sind. Zink oder verzinkte Rohre werden außerdem von den Auspuffgasen angegriffen, auch Zinkdächer leiden, wenn der Auspuff in ihrer Nähe mündet. Nichtbenutzte gemauerte Rauch- oder Ventilationsrohre können aber mit Vorteil verwendet werden, um in ihnen schmiede- oder gußeiserne Auspuffrohre hochzuführen. Starkwandige gußeiserne Rohrleitungen sind den dünnwandigen schmiedeeisernen Gasrohren immer vorzuziehen, da sie von den Auspuffgasen nicht im entferntesten so schnell angegriffen werden wie letztere.

Bei langen horizontalen Auspuffleitungen müssen die Rohre mit starkem Gefäll nach dem Auspufftopf zu gelegt werden, da die

Strömung der Gase andernfalls das im Rohrlauf niedergeschlagene Wasser mitreißt und zum Schaden der Dächer und Regenabfallrohre nach oben auswirft.

Wo die Auspuffrohre durch Holzdecken hindurchgeführt oder an Holzwänden befestigt werden, ist das Holz dort, wo ein Heißwerden der Leitungen noch zu erwarten ist, durch Wärmeschutzmassen vor Entzündung zu sichern.

Das Luftleitungsrohr.

Lange Luftzuleitungsrohre schwächen die Leistung des Motors, sie sind nur dort berechtigt, wo staubfreie Luft herbeigeholt werden muß, die Betriebsluft soll außerdem kühl und trocken sein. Immer muß die Luftleitung aber so weit sein, daß ein erheblicher Leitungswiderstand nicht entsteht. Für die Luftleitung dürfen keine dünnen Blechrohre verwendet werden, da bei »Rückschlägen« im Motor die Spannung in ihnen für kurze Zeit bis auf 2 bis 3 Atm. steigen kann.

Die Kühlvorrichtungen.

Die einfachste, für ortsfeste Motoren am häufigsten benutzte Kühlung ist die durch Druckwasserleitung. Das Wasser wird dabei in den unteren Teil des Wassermantels eingeführt und nach

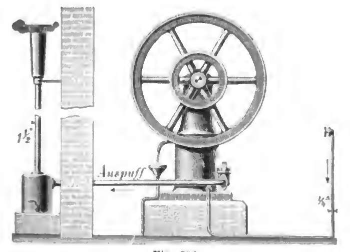


Fig. 293.
Druckwasserkühlung und Auspuffrohr für einen stehenden Kleinmotor.

Erwärmung auf 50 bis 60° am höchsten Teil sichtbar in einen Fangtrichter abgeführt, damit man sich stets ohne weiteres überzeugen kann, ob das Kühlwasser fließt und welche Temperatur es hat. In Fig. 293 ist eine Kühlvorrichtung mit Druckwasser dargestellt.

Die Kühlung mit Druckwasser setzt immer voraus, daß ein Abflußkanal vorhanden sei, durch den das erwärmte Wasser fortgeleitet werden kann. Für den Wasserverbrauch sind 30 bis 40 l für die Stunden-Pferdekraft zu rechnen. Die Kühlwassermengen für große Motoren sind erheblich und lohnt es hier, einen Brunnen mit einer vom Motor betriebenen Pumpe anzulegen. Wo das Wasser knapp ist, müssen, ebenso wie bei den Dampfmaschinenanlagen, Kühltürme oder Kühlteiche mit Wasserstreudüsen angelegt werden.

Für kleinere ortsfeste Motoren bis etwa 8 PS wird mit Vorteil an Stelle der Druckwasserleitung das »Kühlgefäß« benutzt, wie es in Fig. 294 dargestellt ist.

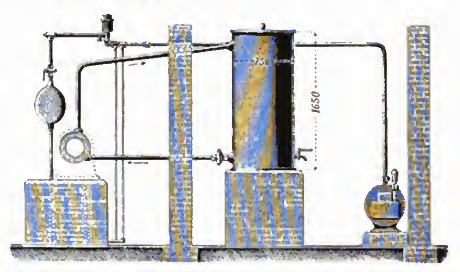


Fig. 294. Anordnung des Kühlgefäßes für eine Motorenanlage von 2 PS.

Das Kühlgefäß ist meistens aus verzinktem Eisenblech hergestellt, sein Inhalt ist so bemessen, daß die Wassermenge, abgesehen von äußerer Abkühlung, in 10 Stunden auf 50 bis 60° angewärmt wird. Legt man für die Stunden-Pferdekraft 40 l angewärmtes Wasser zugrunde, so muß z. B. der Inhalt eines Kühlgefäßes für einen 2 PS-Motor $40 \times 2 \times 10 = 800$ l sein. Das Kühlgefäß soll möglichst nicht mit dem Motor in dem gleichen Raum stehen, sondern dem Luftwechsel ausgesetzt sein, damit der Wasservorrat während der Nacht vollständig abkühlt; es darf anderseits aber auch nicht der direkten Winterkälte ausgesetzt werden. An heißen Sommertagen kann es vorkommen, daß die ganze Wassermenge ins Kochen gerät, es müssen einige Eimer abgelassen und durch kaltes Wasser ersetzt werden. Der Wärter hat bei Benutzung von Kühlgefäßen darauf zu achten, daß das Wasser stets über dem Eintritt des oberen Rohres steht.

Die allmähliche Anwärmung des gesamten Wassers kommt in der Weise zustande, daß das Wasser im tiefstehenden Motor erwärmt wird und vermöge seines Auftriebes durch das obere Verbindungsrohr dem Kühlgefäß zuströmt; in demselben Maß strömt das kalte Wasser aus dem Gefäß in den unteren Teil des Motors ein. Dieser Wasserkreislauf kann nur dann eintreten, wenn das obere Verbindungsrohr genügend weit, in allen Teilen ansteigend und ohne scharfe Biegungen gelegt ist.



Fig. 295.
Rippenkühler von Gebr. Körting.

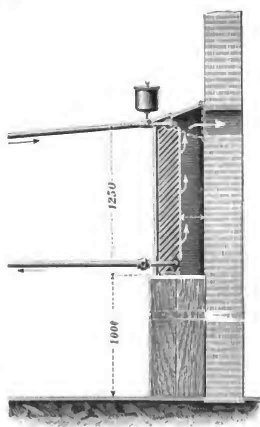


Fig. 296. Rippenkühler mit Einrichtung zum Heizen oder Ventilieren.

Die Kühlgefäße beanspruchen viel Platz, haben ein großes Gewicht und geben dem Motor nicht eine gleiche Temperatur während der ganzen Betriebszeit. Besser wirken in dieser Beziehung die »**Rippenkühler**«, die zwar in der Anschaffung erheblich teurer sind, dafür tritt die gleichmäßige Temperatur des Motors aber sehr bald ein, und ein sehr geringes Wasserquantum genügt; auch der Raumbedarf ist bei den Rippenkühlern gering.

Der Kreislauf des Wassers kommt hier ebenso wie beim Kühlgefäß zustande, da aber die Abkühlung durch die große Oberfläche sehr beschleunigt wird, so kommt das Wasser in viel schnellere

Bewegung und eine viel geringere Wassermenge genügt. Je weiter die Rohrleitungen sind, je höher der Kühler steht, um so stärker die Kühlung. Da das Wasser sich bei Erwärmung erheblich ausdehnt, so darf der Rippenkühler nicht fest verschlossen sein, sondern er muß, wie aus Fig. 295 ersichtlich, mit einem sog. Ausdehnungsgefäß versehen sein, in dem die vergrößerte Wassermenge Platz findet.

Führt man den Rippenkühler wie in Fig. 296 aus, so kann die abgeführte Wärme im Winter zum Heizen des Raumes, im Sommer zur Ventilation benutzt werden. Im Winter ist dann die Öffnung in der Wand, wie punktiert angedeutet, durch eine Klappe zu schließen, im Sommer zu öffnen.

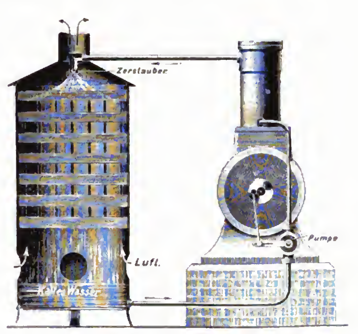


Fig. 297. Ventilationskühler.

Für Lokomobilen wird die Wasserkühlung auch nach dem Vorbild der Wasserkühlanlagen im Dampfmaschinenbetrieb ausgeführt, die Anlage führt hier den Namen »Ventilationskühler«. Wie aus Fig. 297 ersichtlich, wird hier das kalte Wasser mittels einer Pumpe durch den Wassermantel des Motors hindurchgetrieben, es mündet im oberen Teil eines Blechmantels aus einer Brause und tropft über zahlreiche Holzplatten allmählich nach unten. Von unten her strömt Luft durch den Hohlraum des Blechmantels, welche das heruntertropfende Wasser abkühlt. Unten im Blechmantel sammelt sich das kalte Wasser an, um von hier aus dem Motor wieder zugeführt zu werden.

In den folgenden Abbildungen sind eine Anzahl von Aufstellungsplänen zusammengestellt. Fig. 298 zeigt im allgemeinen die Aufstellung eines ortsfesten Kleinmotors mit Benzin-, Benzol- oder Petroleumbetrieb, sowie die Unterbringung des Brennstoffvorrates.

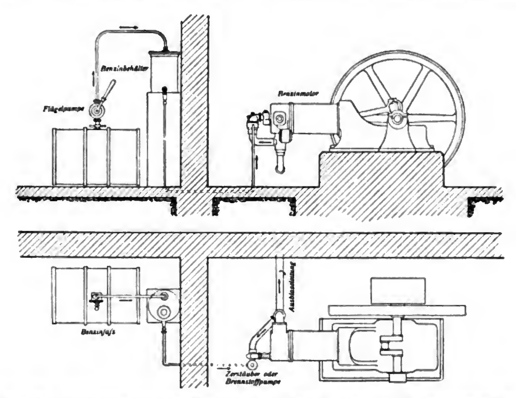


Fig. 298. Aufstellungsplan eines Kleinmotors mit Benzin-, Benzol- oder Petroleumbetrieb.

In den Fig. 299 bis 301 sind Motorenanlagen für landwirtschaftliche Betriebe dargestellt, wie sie von der Firma Ganz & Co. in Budapest ausgeführt werden.

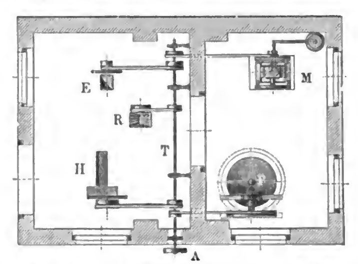


Fig. 299. Motorenanlage für einen landwirtschaftlichen Betrieb.

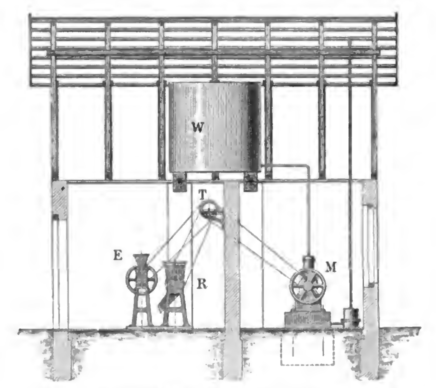


Fig. 300. Motorenanlage für einen landwirtschaftlichen Betrieb.

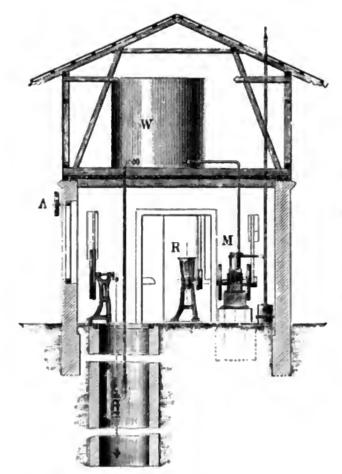


Fig. 301.
Motorenanlage für einen landwirtschaftlichen Betrieb.

M ist der 2 PS-Motor.
T Transmission.
E Schrotmühle.
R Maisrabler.
H Häckselmaschine.
P Wasserpumpen im Brunnen.
W Wasserbehälter.
A Antriebsriemenscheibe für diverse Zwecke.

In den Fig. 302 bis 305 ist eine Molkerei mit Motorenbetrieb dargestellt.

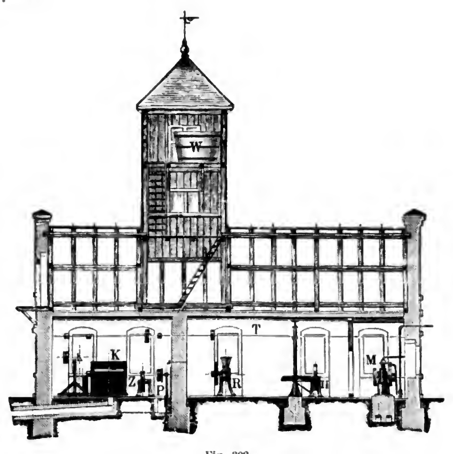


Fig. 302.

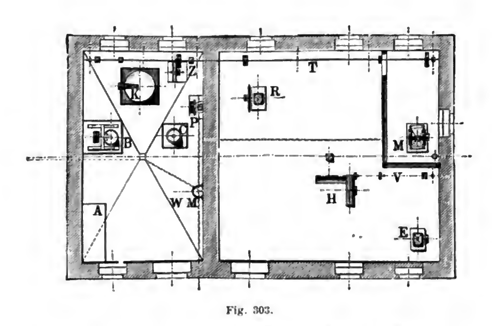


Fig. 303.

Molkerei und landwirtschaftliche Maschinenanlage mit Motorenbetrieb.

M 2 PS-Motor. — *T* Transmission. — *E* Schrotmühle. — *H* Häckselmaschine. — *R* Maisrähler. — *P* Wasserpumpe.

C Zentrifuge — *Z* Vorgelege für die Zentrifuge. — *B* Buttermaschine. — *K* Butterknetmaschine. — *W* Wasserbehälter. — *WM* Wasserausguß

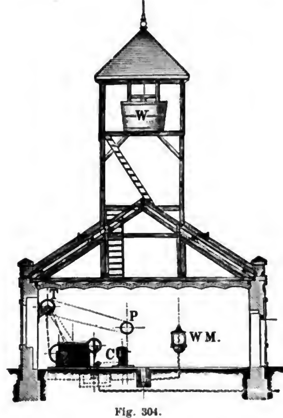


Fig. 304.

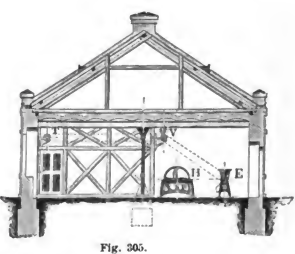


Fig. 305.

Molkerei und landwirtschaftliche Maschinenanlage mit Motorenbetrieb.

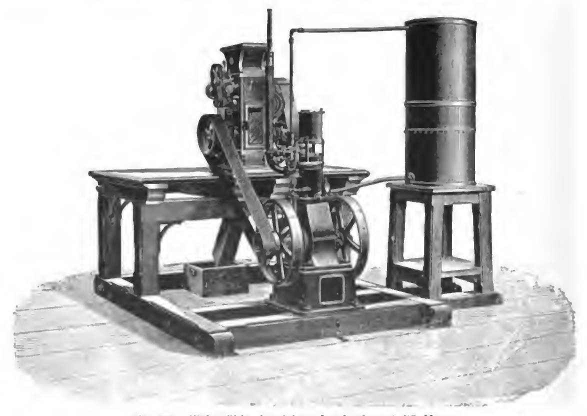


Fig. 306. Walzmühle, betrieben durch einen 3 PS-Motor.

Gültig vom 1. August 1906.

Bedingungen für die Aufstellung ortsfester Motoren, welche mit Benzin, Ligroin, Gasolin, Naphtha oder anderen flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden, deren Entflammungspunkt unter dem des Reichstest-Petroleums liegt.

A. Bei Motoren, deren Gaserzeuger in besonderem Raume aufgestellt ist.

1. Der Motor darf nur in einem Raume, in welchem keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden, und zwar nur auf feuersicherer Unterlage, aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm nach allen Richtungen über den Motor vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden. Oberhalb des Motors müssen Holzwerk und entzündliche Gegenstände mindestens 1 m, seitlich mindestens 30 cm entfernt bleiben.

Der Motor muß von geheizten Öfen und Ofenröhren mindestens 1 m entfernt bleiben.

2. Der Gaserzeuger muß in einem keinem anderen Zwecke dienenden, massiv erbauten Raume stehen. Dieser Raum muß gut gelüftet sein, feuersicheren Fußboden und massive, oder doch mit unverbrennlichem Material bekleidete öffnungslose Decke haben und darf nicht anders als durch Dampf oder Warmwasser geheizt werden. Betriebswellen-, Seil- und Riemendurchlässe sowie Tür- und Fensteröffnungen nach anstoßenden Räumen sind nur gestattet, sofern in letzteren keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden. Solche Türöffnungen müssen eiserne oder mit Eisenblech beschlagene Holztüren haben, die Fenster müssen aus Drahtglas bestehen. Vorstehende Einschränkung für die Durchlässe fällt für Betriebswellen fort, wenn der Durchlaß nur den nötigsten Raum für die Bewegung der Welle läßt.

3. Falls künstliche Beleuchtung des Gaserzeugungsraumes erforderlich ist, muß dieselbe entweder durch elektrisches Glühlicht, durch Davysche Sicherheitslaternen oder durch außerhalb angebrachte, mit dicht schließender Glasscheibe abgetrennte Beleuchtungskörper geschehen.

4. Das Füllen des Gaserzeugers darf nur aus einem im Gaserzeugungsraume oder im Freien lagernden eisernen Behälter, und zwar durch geschlossene Röhren mittels eingeschalteter Flügelpumpe, sonst durch tragbare »explosionssichere« Gefäße stattfinden.

Der sonstige Vorrat an Kohlenwasserstoff darf 500 kg nicht übersteigen und muß in schmiedeeisernen Fässern aufbewahrt werden, die in besonderem, feuersicher abgetrennten, entweder gar nicht oder den vorstehend unter Punkt 3 gegebenen Vorschriften entsprechend beleuchtetem, gut gelüftetem Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit Eisendeckel abgedeckten Grube zu lagern sind.

5. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet werden.

B. Bei Motoren, welche mit dem Gaserzeuger in demselben Raume montiert sind.

1. Der Motor und der damit verbundene Gaserzeuger dürfen nur in einem, keinem anderen Zwecke dienenden Raume, aufgestellt sein. Dieser Raum muß massive Wände, feuersicheren Fußboden und massive oder doch mit unverbrennlichem Material bekleidete öffnungslose Decke haben. Betriebswellen-, Seil- und Riemendurchlässe, sowie Tür- und Fensteröffnungen nach anstoßenden Räumen sind nur gestattet, sofern in letzteren keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden. Solche Türöffnungen müssen eiserne oder mit Eisenblech beschlagene Holztüren haben, die Fenster müssen aus Drahtglas bestehen. Vorstehende Einschränkung für die Durchlässe fällt für Betriebswellen fort, wenn der Durchlaß nur den nötigsten Raum für die Bewegung der Welle läßt.

2. Der Raum, in welchem Gaserzeuger und Motor stehen, darf nur durch elektrisches Glühlicht, durch Davysche Sicherheitslaterne oder durch außerhalb angebrachte, mittels dicht schließender Glasscheibe abgetrennte Beleuchtungskörper beleuchtet werden.

3. Der Motor darf nur mit elektrischer oder Luftkompressionszündung, also ohne Vorwärmlampe betrieben werden.

4. Das Füllen des Gaserzeugers darf nur aus einem im Motorraum lagernden eisernen Behälter, und zwar durch geschlossene Röhren mittels eingeschalteter Flügelpumpe, sonst durch tragbare »explosionssichere« Gefäße stattfinden.

Der sonstige Vorrat an Kohlenwasserstoff darf 500 kg nicht übersteigen und muß in schmiedeeisernen Fässern aufbewahrt werden, welche in besonderem, feuersicher abgetrenntem, entweder gar nicht oder den vorstehend unter Punkt 2 gegebenen Vorschriften entsprechend beleuchtetem, gut gelüftetem Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit Eisendeckel abgedeckten Grube zu lagern sind.

5. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet werden.

C. Bei Motoren ohne Gaserzeuger.

1. Der Motor darf nur in einem Raume, in welchem keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden, und zwar nur auf feuersicherer Grundlage, aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm nach allen Richtungen über den Motor vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden. Oberhalb des Motors müssen Holzwerk und entzündliche Gegenstände mindestens 1 m, seitlich mindestens 30 cm entfernt bleiben.

2. Ist zur Inbetriebsetzung des Motors eine Vorwärmlampe erforderlich, so darf im Motorraume nur das Tagesquantum an Brennstoff für diese Lampe, und zwar nur in einer »explosionssicheren« Blechflasche, aufbewahrt werden.

3. Der Brennstoffbehälter, d. i. das Gefäß, welches den zum unmittelbaren Betriebe des Motors erforderlichen Bedarf an Kohlenwasserstoff enthält, muß aus Eisen hergestellt und außerhalb des Motorraumes im Freien oder in einem besonderen, gut gelüfteten und nicht anders als durch Dampf- oder Warmwasser geheizten Raume untergebracht sein, der nur durch elektrisches Glühlicht, durch Davysche Sicherheitslaternen oder durch außerhalb angebrachte, mit dicht schließender Glasscheibe abgetrennte Beleuchtungskörper beleuchtet werden darf. Dieser Raum muß massive Wände, feuersicheren Fußboden und massive oder doch mit unverbrennlichem Materiale bekleidete öffnungslose Decke haben. Betriebswellen-, Seil- und Riemendurchlässe, sowie Tür- und Fensteröffnungen nach anstoßenden Räumen sind nur gestattet, sofern in letzteren keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden. Solche Türöffnungen müssen eiserne oder mit Eisenblech beschlagene Holztüren haben, die Fenster müssen aus

Drahtglas bestehen. Vorstehende Einschränkung für die Durchlässe fällt für Betriebswellen fort, wenn der Durchlaß nur den nötigsten Raum für die Bewegung der Welle läßt. Hat der Motor elektrische oder Luftkompressionszündung und wird er ohne Vorwärmlampe in Betrieb gesetzt, so kann der Brennstoffbehälter auch im Motorraum selbst untergebracht werden, falls letzterer den vorstehend für Brennstoffbehälterräume gegebenen Vorschriften entspricht.

4. Das Füllen des Brennstoffbehälters darf nur aus einem im Brennstoffbehälterraume oder im Freien lagernden eisernen Fasse, und zwar durch geschlossene Röhren mittels eingeschalteter Flügelpumpen, sonst durch tragbare, explosionssichere Gefäße stattfinden.

Der sonstige Vorrat an Kohlenwasserstoff darf 500 kg nicht übersteigen und muß in schmiedeeisernen Fässern aufbewahrt werden, welche in besonderem, feuersicher abgetrenntem, entweder gar nicht oder den vorstehend unter Punkt 3 gegebenen Vorschriften entsprechend beleuchtetem, gut gelüftetem Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit Eisendeckel abgedeckten Grube zu lagern sind.

5. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet und vom Brennstoffzuleitungsrohre in sicherer Entfernung gehalten werden.

Bedingungen für Spirituslokomobilen.

1. Die Lokomobile darf weder in Gebäuden, welche Erntefrüchte, Stroh oder leicht feuerfangende Gegenstände anderer Art enthalten, noch in unmittelbarer Nähe von Schobern oder Schoberschuppen in Betrieb gesetzt werden; sie muß während des Betriebes von solchen Gebäuden mindestens 1 m und von Erntefrüchten, Stroh oder leicht feuerfangenden Gegenständen anderer Art mindestens 3 m entfernt gehalten werden.

2. Die Lokomobile darf nur mit gewöhnlichem Brennspiritus von höchstens 90% Alkoholgehalt betrieben werden. Ein Benzolzusatz von 20% ist gestattet.

3. Bei Verwendung von Benzolzusatz darf die Mischung des Benzols mit dem Spiritus nur bei Tageslicht, und zwar im Freien oder in einem mit unverbrennlichem Fußboden versehenen Raume, in beiden Fällen in sicherer Entfernung von allen brennbaren Stoffen, erfolgen.

4. Bei Verwendung von Benzin oder Benzol zum Anlassen der Lokomobile ist nur elektrische Zündung gestattet und ein irgendwie geheizter Vergaser unzulässig. Sonst ist Glührohrzündung gestattet, doch muß dann die Heizflamme für diesen durch ein Blechgehäuse umschlossen sein, dessen Öffnungen mit engschließendem Drahtnetz zu bedecken sind.

5. Spiritus- und Benzinbehälter müssen von den dem Erhitzen ausgesetzten Teilen der Lokomobile so isoliert sein, daß eine merkliche Erwärmung der Behälter nicht eintreten kann. Der das Benzin zum Anlassen enthaltende Behälter an der Lokomobile darf nicht mehr als $1^1/_2$ Liter fassen und muß mit einem selbsttätig dicht schließenden Metalldeckel versehen sein.

6. Die Brennstoffbehälter dürfen nur bei Tageslicht gefüllt oder entleert werden. Das Füllen des Spiritusbehälters darf nur mittels einer Flügelpumpe, das Füllen des Benzinbehälters nur aus einem explosionssicheren Gefäße geschehen.

7. Ein Brennstoffvorrat zum Nachfüllen des Spiritusbehälters darf auf dem Aufstellungsplatze der Lokomobile nicht gehalten werden; der Vorrat ist vielmehr erst bei Eintritt des Bedarfes herbeizuholen. Während des Nachfüllens ist die Lokomobile anzuhalten.

8. Der Vorrat an Benzol oder Benzin darf 250 kg nicht übersteigen und muß in eisernen Fässern aufbewahrt werden, die in einem besonderen, feuersicher abgetrennten, nie mit Licht zu betretenden Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit eisernem Deckel abgedeckten, von Gebäuden und feuerfangenden Gegenständen mindestens 10 m entfernten Grube zu verwahren sind. Wenn der Vorrat an Benzin oder Benzol zusammen 20 kg nicht übersteigt, so ist dessen Verwahrung auch in anderen Metallgefäßen gestattet.

Bedingungen für ortsfeste Spiritusmotoren.

1. Der Motor darf nur in einem Raume, in welchem keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden, und zwar nur auf feuersicherer Unterlage aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm nach allen Richtungen über den Motor vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden. Oberhalb des Motors und der Brennstoffbehälter müssen Holzwerk und entzündliche Gegenstände mindestens 1 m, seitlich mindestens 30 cm entfernt sein.

2. Der Motor und die den Brennstoff enthaltenden Gefäße müssen von geheizten Öfen und Ofenröhren sowie von allen Beleuchtungskörpern (elektrische Glühlampen ausgenommen) mindestens 2 m entfernt bleiben.

3. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet werden.

4. Der Motor darf nur mit gewöhnlichem Brennspiritus von höchstens 90% Alkoholgehalt betrieben werden. Ein Benzolzusatz bis zu 20% ist gestattet.

5. Die Gefäße, aus welchen der Brennstoff dem Motor in geschlossenen Rohren zugefügt wird, dürfen nicht über dem Motor angebracht, sondern müssen seitlich von demselben, mindestens 1 m von ihm entfernt, befestigt sein.

6. Die Mischung des Brennstoffs und die Füllung der Brennstoffgefäße darf nur bei Tageslicht stattfinden, jedoch ist ein Nachfüllen des Spiritusbehälters im Bedarfsfalle auch bei künstlicher Beleuchtung unter Beachtung der Vorschrift ad 2 gestattet.

7. Der Vorrat an Benzin und Benzol darf zusammen 250 kg nicht übersteigen und muß in schmiedeeisernen Fässern aufbewahrt werden, welche in besonderem feuersicher abgetrennten, nicht mit Licht zu betretendem Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit eisernem Deckel abgedeckten, von Gebäuden und feuerfangenden Gegenständen mindestens 10 m entfernten Grube lagern. Wenn der Vorrat an Benzin und Benzol zusammen 20 kg nicht übersteigt, so ist dessen Verwahrung auch in anderen Metallgefäßen gestattet.

Bedingungen für ortsfeste Motoren, welche mit Petroleum oder flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden, deren Entflammungspunkt über dem des Reichstestpetroleums liegt.

1. Der Motor darf nur mit Reichstestpetroleum oder mit einem Brennstoff, dessen Entflammungspunkt über dem des Reichstestpetroleums liegt, gespeist werden.

2. Der Motor darf nur in einem Raume, in welchem keine leicht feuerfangenden Gegenstände lagern oder verarbeitet werden, und zwar nur auf feuersicherer Unterlage aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm rings um den Fuß des Motors vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden. Oberhalb des Motors müssen

Holzwerk und entzündliche Gegenstände mindestens 1 m, seitlich mindestens 30 cm entfernt bleiben.

3. Der Motor und die den Brennstoff enthaltenden Gefäße müssen von geheizten Öfen und Ofenröhren mindestens 1 m entfernt bleiben.

4. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet werden.

5. Der Vorrat an Brennstoff darf 500 kg nicht übersteigen und muß in einem, nicht mit offenem Licht zu betretenden Raume oder im Freien, mindestens 10 m von den Gebäuden entfernt, lagern.

Wartung der Motoren.

Die beim Anlassen und Anhalten der Motoren auszuführenden Handgriffe sind immer in derselben Reihenfolge zu machen. Durch Übung gelangt der Wärter sehr bald dahin, diese Reihenfolge ganz mechanisch einzuhalten.

Vorschrift für das Anlassen.

1. Entzünden der Heizlampe, falls eine solche verwendet wird.

2. Füllen der Schmierbehälter in stets derselben Reihenfolge. Beobachten des Tropfenfalles.[1])

3. Netzen der Auslaßventilspindel und der Zündhebelspindel mit Petroleum. Prüfen der Beweglichkeit des Auslaßventiles und des Zündhebels.

4. Einrücken der Einrichtung für die Kompressionsverminderung und Verlegung des Zündzeitpunktes auf Spätzünden.

5. Öffnen des Brennstoffhahnes bis auf die für das Anlassen ausprobierte Marke.

6. Andrehen des Schwungrades mit wohl eingeübten Griffen oder mit der Anlaßkurbel. Bei großen Motoren ist die Anlaßvorrichtung zu betätigen.

7. Sobald die Zündungen regelmäßig folgen und der Motor einige Geschwindigkeit angenommen hat, Einrücken der Kompression, Zündzeitpunkt auf Frühzünden verlegen, Brennstoffhahn auf Betriebsstellung.

---

[1]) Während der kalten Jahreszeit kann das Schmieröl so dickflüssig werden, daß es nur sehr langsam aus der Kanne fließt und auch die Tropföler, so lange der Motor noch kalt ist, zu wenig ölen. Die Ölkannen sind dann rechtzeitig anzuwärmen, so daß die Ölbehälter mit dünnflüssigem Öl gefüllt werden können.

8. Öffnen und Einstellen der Kühlwasserzuflüsse.

9. Einrücken des Betriebsriemens.

Wartung während des Betriebes.

1. Prüfung der Kühlwassertemperatur durch Berühren des ablaufenden Wassers.

2. Beobachten der Tätigkeit der Schmierapparate.

3. Nachregulieren des Brennstoffes.

4. Im Winter wiederholtes Ablassen des Wassers aus dem Auslaßtopf.

Anhalten des Motors.

1. Ausrücken des Betriebsriemens.

2. Brennstoff abstellen. Heizflamme abstellen. Öffnen des etwa vorhandenen Ölablaßhahnes am Verbrennungsraum des Motors.

3. Abstellen der Schmierapparate.

4. Einstellen des Arbeitskolbens auf Abschluß der Zylindermündung. Steuerung muß eben Auslaßventil öffnen wollen.

5. Abschluß des Kühlwassers nach vollständigem Erkalten der Maschine. (Hierdurch wird die Bildung von Kesselstein verhindert, der hauptsächlich dann entsteht, wenn das im Motor stehende Wasser ruht und von dem erhitzten Metall nachgewärmt wird.)

6. Ablassen des Wassers aus dem Auslaßtopf.

7. Ist Frostwetter zu erwarten, so muß das Wasser aus allen Kühlräumen abgelassen werden, auch das aus dem etwa vorhandenen Rippenkühler.

Reinigung des Motors.

Die äußere Reinigung des Motors hat jeden Abend unmittelbar nach dem Anhalten zu erfolgen, wenn er noch warm ist. Sie erstreckt sich auf alle blanken und lackierten Teile und wird mit weicher reiner Putzwolle vorgenommen.

Die innere Reinigung erstreckt sich auf Reinhalten der Ventilgehäuse, der Ventilkegel, des Auspufftopfes, der Auspuffleitung, des Verbrennungsraumes, des Kolbens mit seinen Ringen und der Zylindergleitfläche. Für die Zeitabschnitte, in welchen die innere Reinigung eines Motors vorzunehmen ist, läßt sich nichts bestimmtes angeben; sie hängt ab von der Konstruktion und der Sorgfalt, mit der der Motor bedient wird. Normale Verhältnisse vorausgesetzt,

kann man annehmen, daß bei ortsfesten Motoren, welche mit Benzin oder Benzol gespeist werden und täglich 10 Stunden arbeiten, etwa alle 8 Wochen eine Besichtigung der Ventile und der elektrischen Zündung nötig sein wird. Bei Petroleummotoren, die mit Gemischbildung arbeiten, wird dies öfter nötig sein. Bei Dieselmotoren seltener.

Zeigen sich die Ventilköpfe mit Ölkohle belegt, so ist diese Schicht zu entfernen, ebenso sind dann auch die Ventilspindeln und die Teile der elektrischen Zündung, sowie das Innere der Ventilgehäuse zu reinigen. Zum Abkratzen der Ölkohle usw. verwende man Schaber aus Eisen oder Kupfer.

Da der größte Teil des dem Zylinder zugeführten Schmieröles in Form von Öldämpfen oder Ölstaub mit den Auspuffgasen durch das Auslaßventil hindurch entweicht, so ist zu verstehen, wie wichtig es ist, nicht zu stark zu schmieren. Auch bei Petroleummotoren, die mit Gemischbildung arbeiten, geht häufig viel unverbranntes Petroleum durch das Auslaßventil. In allen diesen Fällen ist also eine baldige Verengung oder gar Verstopfung des Auslaßventiles, des Auslaßtopfes und des Auspuffrohres zu erwarten, und häufige — oft wöchentliche Reinigungen — sind nötig. Selbstverständlich liegen unter solchen Verhältnissen unvollkommene Konstruktionen oder nachlässige Wartung vor. Die Kraftleistung ist dann gering und der Brennstoffverbrauch groß.

Zu den wichtigsten Obliegenheiten des Wärters gehört die Instandhaltung der Ventile. Von ihrem Dichthalten hängt es in erster Linie ab, daß der Motor seine volle Kraft äußern kann, wirtschaftlich arbeitet und leicht in Gang zu setzen ist. Die Ventilgehäuse müssen daher mit wenigen Handgriffen zu öffnen und die Ventile leicht herauszuheben sein. Beim Einlaßventil sind es Fremdkörper aller Art — Sand, Staub, Feilspäne usw. — welche, von der Verbrennungsluft mitgerissen, auf den Ventilschleifflächen hängen bleiben und dort festgeschlagen werden. Durch den Öffnungsspalt des Auslaßventiles strömen die sehr heißen Verbrennungsgase, welche die Bildung von Glühspan hervorrufen, ebenso auch die schon erwähnten Ölreste, durch beide wird ebenfalls ein Undichtwerden dieses Ventiles herbeigeführt. Das Einlaßventil leidet weniger durch die Hitze, da der regelmäßige Durchtritt der kalten Ladeluft die beste Kühlung darbietet.

Es ist wichtig, daß die Ladeluft in genügender Höhe über dem Fußboden von einem staubfreien Ort entnommen wird, und

sehr fehlerhaft, den Luftsaugetopf auf den Fußboden zu legen; auch bei Straßenfahrzeugen muß die Luft von der staubfreiesten Stelle entnommen werden.

Festgeschlagene Fremdkörper müssen vorsichtig von den Ventilschleifflächen entfernt werden, Ventilkegel und Spindel werden mit Petroleum von verdicktem Öl gereinigt. Das Nachschleifen undichter Ventile wird mit mittelfeinem Schmirgel vorgenommen. Ventile aus Messing oder Rotguß, wie sie hin und wieder als Brennstoffventil vorkommen, sind mit Glaspulver nachzuschleifen.

Der Verbrennungsraum und der Kolben sind bei gut gewarteten Motoren selten zu reinigen. Solange noch alle Ringe beweglich befunden werden, brauchen sie nicht abgezogen werden. Erst nach längerer Zeit wird sich zeigen, daß der dem Verbrennungsraum zunächst liegende Ring festsitzt, und nun ist es an der Zeit, einmal alle Ringe vom Kolben abzuziehen, sie von allen Seiten vorsichtig zu reinigen und auch die Ringnuten auf dem Grunde und seitlich von verdickten Ölresten zu befreien. Das Abziehen und Wiederaufbringen der Ringe, sowie das Einsetzen der Kolben sind Arbeiten, die mit Vorsicht ausgeführt werden müssen. Etwa festsitzende Kolbenringe werden mit Petroleum gelöst, am besten stellt man den ganzen Kolben in Petroleum. Beklopft man dann die Ringe mit einem Holzhammer, so lockern sie sich leicht.

Zur Erleichterung des Einsetzens des gereinigten Kolbens wird meistens eine »Kolbenbüchse« vom Fabrikanten mitgeliefert.

Alle Teile, welche beim Reinigen vom Motor abgenommen wurden, sind auf einer reinen Unterlage in gesicherter Stellung hinzulegen. Das Anlehnen der Pleuelstangen gegen eine Wand ist zu vermeiden, da hierbei leicht Sand und Staub in die Lagerschalen fallen kann. War aus irgend einem Grunde das Abnehmen der Steuerwelle nötig, so hat man beim Wiederzusammensetzen darauf zu achten, daß wieder dieselben Zähne der Steuerräder zum Eingriff gelangen, andernfalls erfolgt die Betätigung der Ventile unrichtig.

Ist der Motor wieder zusammengesetzt, hat man sich von dem richtigen »Anzug« aller Schraubenmuttern nochmals überzeugt, so ist er durch Verkehrtherumdrehen auf Dichtigkeit zu prüfen und dann in Gang zu setzen. Durch Bremsen am Schwungradumfang mit einem Hebebaum oder bei kleinen Motoren mit einem Ballen Putzwolle, prüfe man nun die Kraft des Motors und halte nach einigen Minuten wieder an, um alle Lager auf etwaiges »Warmlaufen« zu untersuchen.

Zwölfter Abschnitt.

Beseitigung von Betriebsstörungen. Gefahren und Vorsichtsmaßregeln beim Umgang mit Verbrennungsmotoren.

Zu den vornehmsten Eigenschaften eines tüchtigen Motorenwärters oder Kraftwagenführers gehört es, Betriebsstörungen in ihren Ursachen schnell zu erkennen und sicher zu beseitigen. Der Verbrennungsmotor bietet in dieser Beziehung mehr Schwierigkeiten wie die Dampfmaschine. Er holt sein Heizmaterial und seine Verbrennungsluft in genau abgemessenen Mengen selbst herbei, und zwar immer nur so viel, wie er unmittelbar hinterher braucht. Es steht ihm also keine Kraftreserve zur Verfügung, wie diese bei den Dampfmaschinen durch den Dampfkessel geboten wird. Während geringe Undichtigkeiten bei den Dampfmaschinen keine Betriebsstörungen hervorrufen, bilden sie bei den Gasmotoren die Hauptursache der Störungen. Hierzu kommt noch, daß die Brennstoffdämpfe und die atmosphärische Luft, mit denen wir es beim Verbrennungsmotor zu tun haben, unsichtbar sind, daß beim Aufsuchen des Ursprunges der Undichtigkeiten fast immer der indirekte Weg eingeschlagen werden muß, und daß von dem Auftreten bestimmter Begleiterscheinungen auf den Sitz der Undichtigkeit Schlüsse zu ziehen sind.

Um das Aufsuchen von Störungsursachen zu lernen, muß man von vornherein planmäßig vorgehen. Bei unüberlegtem Hin- und Herprobieren gewinnt man keine Klarheit darüber, welche von allen Maßnahmen denn nun eigentlich die richtige war, und wo der Sitz des Übels eigentlich gewesen ist. Nachstehend sind Anleitungen zum Aufsuchen der hauptsächlichsten Störungsursachen gegeben. Nach Angabe der charakteristischen Begleiterscheinung und Erklärung jeder einzelnen Störungsart folgt die Angabe des Hilfsmittels für die Beseitigung.

Folgende Störungen treten hauptsächlich bei den Verbrennungsmotoren auf:

1. Der Motor versagt beim Anlassen, es knallt aus dem Auspuffrohr.
2. Der Motor versagt beim Anlassen, ohne daß sich Begleiterscheinungen bemerkbar machen.

3. Der Motor geht zwar an, bleibt nach wenigen Zündungen aber stehen.
4. Die Ingangsetzung erfolgt jedesmal erst nach vielen vergeblichen Drehungen.
5. Der Gang ist unregelmäßig.
6. Der Motor versagt den Dienst während des Betriebes.
7. Der Motor äußert zu wenig Kraft.
8. Es knallt beim Ansaugen der Ladung aus dem Luftrohr.
9. Es erfolgen Stöße im Motor.
10. Der Motor läuft zu schnell.

I. Der Motor versagt beim Anlassen, es knallt zur Zeit der Zündung aus dem Auspuffrohr.

Ursache der Störung: Das Auslaßventil sitzt in seiner Führung fest oder ist undicht.

Hilfsmittel: a) Einträufeln von Petroleum in das zu diesem Zweck an der Ventilführung angebrachte Röhrchen und Auf- und Abführen des Ventiles. Öl darf zur Schmierung der Auslaßventilspindel nicht benutzt werden; man würde damit das Gegenteil von dem erreichen, was beabsichtigt wird. Bei der hohen Temperatur, welche die Ventilspindel annimmt, verkohlt das Öl und würde die Beweglichkeit des Ventiles erst recht hindern, während Petroleum ohne Rückstand verdampft.

b) Falls das Gangbarmachen des Auslaßventiles nichts hilft, muß es herausgenommen werden und auf seiner Sitzfläche etwa festgeschlagene Fremdkörper entfernt werden. Zum Schluß ist das Ventil nachzuschleifen.

Erklärung: Hängt das Auslaßventil in seiner Führung fest, oder hindern Fremdkörper den dichten Abschluß, so gelangt ein Teil der unentzündeten Ladung während der Verdichtungsperiode in den Auslaßtopf und das Auspuffrohr. Erfolgt nun die Zündung, so teilt sich diese durch den nicht dicht verschlossenen Ventilspalt hindurch auch dem Inhalt des Auspufftopfes und Auspuffrohres mit, die Verbrennungsgase fahren mit mehr oder weniger starkem Knall aus dem Auspuffrohr hinaus, der Kolben erhält keinen Antrieb und der Motor kann sich nicht in Gang setzen.

2. Versagen des Motors beim Anlassen, ohne daß es aus dem Auspuffrohr knallt.

Ursache: Die Zündung versagt den Dienst; a) bei Motoren mit Glührohrzündung, weil das Rohr nicht warm genug ist oder weil es innen verstopft ist.

Erklärung und Hilfsmittel: Bei Benzin-, Benzol- und Spiritusmotoren wirkt das Zündrohr nur dann, wenn es hellrotglühend ist. Die Heizlampe ist auf gutes Brennen zu untersuchen, die Brennstoffzufuhr muß richtig eingestellt werden, der Docht im Brennerrohr kann verkohlt sein.

Halten die Ventile dicht und brennt die Heizlampe gut, so kann nur die Verstopfung des Zündrohres oder Verdampfers die Ursache des Versagens sein. Diese Verstopfungen treten namentlich bei Petroleummotoren, die mit Gemischbildung arbeiten, ein, wenn zu stark geschmiert oder wenn zu viel Brennstoff zugeführt wird. In letzterem Fall ist die Umgebung der Auspuffrohrmündung oft in großem Umkreis mit Petroleum durchtränkt.

b) Ursachen des Versagens bei Motoren mit elektrischer Zündung. Die elektrische Zündung ist vielen störenden Einflüssen unterworfen. Bei kalter Witterung beschlagen die inneren Teile mit Niederschlagwasser aus den Verbrennungsprodukten, oder es spritzt Schmieröl an die Kontaktspitzen, oder die Isolation überdeckt sich innen mit einer Schicht aus Ruß und Ölkohle. Bei Abreißzündungen sitzt oft die Zündhebelwelle fest, oder die Feder, welche den Hebel auf den inneren Kontaktstift drückt, ist erlahmt, abgefallen oder zerbrochen. Der Stromzuführungsdraht oder das Kabel hat sich an der Befestigungsstelle gelockert oder ist gebrochen. Schlecht isolierte Stromzuführungen berühren das Metall des Motors.

Erklärungen und Hilfsmittel: Die häufigste Störungsursache bei den elektrischen Zündungen ist das Beschlagen oder Schwitzen der im Verbrennungsraum liegenden Teile. Es tritt bei kalter Witterung ein, wenn das angesaugte Gemisch viel wärmer wie die Innenteile des Motors ist. Die Feuchtigkeit der Luft und die Brennstoffdämpfe schlagen sich dann als Flüssigkeitsschicht auf den vorstehenden Teilen der Zündvorrichtung nieder und hindern die Funkenbildung.

Hilfs- und Vorbeugemittel: Der Zündstutzen oder die Kerze ist einige Zeit vor der Ingangsetzung des Motors herauszu-

nehmen und an einen warmen Ort zu legen. Unmittelbar nach dem Wiedereinsetzen ist dann der Motor in Gang zu bringen.

Die Spindel des Zündhebels sitzt fest.

Erklärung und Hilfsmittel: Die Spindel des Zündhebels wird während des Betriebes sehr warm, sie kann durch Rostbildung oder verdicktes Öl, welches von Innen heranspritzt und in die Lagerfugen getrieben wird, in ihrer Beweglichkeit gehindert sein. Die geringe Kraft der schwachen Feder, welche den Hebel auf den Kontaktstift zu drücken hat, kann den Hebel nicht mehr herunterziehen, er bleibt in abgehobener Lage stehen. Durch Aufträufeln von Petroleum und wiederholtes Hin- und Herdrehen muß die Zündspindel gangbar gemacht werden. Es gehört darum zu den ersten Regeln der Wartung, daß die Zündhebelwelle vor jedem Anlassen auf ihre leichte Beweglichkeit zu prüfen ist.

Die Feder des Zündhebels ist abgefallen, erlahmt oder gebrochen.

Erklärung und Hilfsmittel: Da die Zündhebelfeder häufig ab- und anzuhacken ist, so können leicht Verbiegungen der Befestigungsösen oder Streckungen der Feder eintreten, durch welche ihre Spannkraft erlahmt. In beiden Fällen kann es dann vorkommen, daß der Zündhebel nicht mehr fest zur Anlage kommt. Die Funkenbildung ist dann gestört. Man halte sich stets einige dieser Federn in Reserve.

Die Stromleitung ist unterbrochen.

Erklärung und Hilfsmittel: Die Stromleitungen sind oft zu lösen. Die Kontaktschrauben, welche den Draht oder das Kabel festklemmen, können sich leicht lockern, und es ist eine sehr wichtige Regel, vor jedem Anlassen die Stromzirkulation zu prüfen. Bei der Kerzenzündung kann man bei herausgeschraubter Kerze den Funken überspringen sehen, Metall der Kerzenfassung und Motor müssen sich dabei berühren. Bei Abreißzündung stellt man durch zwei Finger die Verbindung zwischen Kontaktschraube und Zündhebelwelle her und versetzt den Apparat in gelinde Schwingungen, so daß eben der Zündhebel abgehoben wird. Man erhält dann einen leichten elektrischen Schlag, welcher anzeigt, daß Strom vorhanden ist.

3. Der mit elektrischer Zündung arbeitende Motor bleibt, nachdem einige Zündungen erfolgt sind, wieder stehen.

Ursache: a) Die elektrische Zündung versagt, weil die inneren Teile der Zündung bei kaltem Wetter von den Wasserdämpfen der ersten Verbrennungen mit Wasser beschlagen sind.

Erklärung und Hilfsmittel: Die nach jeder Verbrennung im Zylinder entstehenden Gase sind Wasserdampf und Kohlensäure. Der Wasserdampf schlägt sich nach den ersten Zündungen als Wasser im Verbrennungsraum nieder, weil die kalten Wandungen die Wärme noch sehr schnell fortführen, erst nachdem eine Anzahl Zündungen hintereinander erfolgt ist, nehmen die Wandungen höhere Temperaturen an, so daß das Beschlagen nun aufhört. Wie erwähnt, ist die Kerze oder der Zündstutzen abzunehmen und anzuwärmen.

b) Auch »Ölspritzer« können das Versagen gleich nach den ersten Zündungen hervorrufen. Während des Stillstandes in den Betriebspausen sammeln sich größere Ölmengen auf der unteren Hälfte des Zylinders oder bei stehenden Motoren auf dem Kolbenboden an. Bei den Bewegungen des Kolbens wird dieses Öl nach dem Verbrennungsraum zusammengeschoben und spritzt bei den ersten Zündungen auseinander. Gelangt ein Öltropfen an die Drähte der Kerze oder zwischen Zündhebel und Stift, so genügt dies zum Versagen der Zündung. Auch in diesem Fall ist die Kerze oder der Zündstutzen abzunehmen und zu reinigen. Um die Ölspritzer bei liegenden Motoren zu vermeiden, bringen viele Fabrikanten am Verbrennungsraum Ölablaßhähne an, aus denen das überschüssige Schmieröl unmittelbar nach dem Anhalten abzublasen ist. Es empfiehlt sich auch, vor dem Anlassen den Ölhahn zu öffnen und langsam einige Umdrehungen ohne Brennstoffzufuhr zu machen. An stehend gebauten Motoren läßt sich der Ölhahn nicht anbringen.

Der Ölhahn kann außerdem noch nützlich verwendet werden, um zu prüfen, ob zündbares Gemisch gebildet wird und ob die Zündung wirkt oder nicht. Dreht man nämlich den Motor bei Brennstoffzufuhr langsam herum und läßt vor Beendigung der Kompression den Ölhahn öffnen, so fährt, falls Gemischbildung und Zündung in Ordnung sind, die hellblaue Gemischflamme mit heftigem Geräusch aus dem Hahn heraus. Schlägt keine Flamme heraus, so ist entweder die Gemischbildung oder die Zündung in Unordnung. Hält man in solchen Fällen eine Flamme an die Ölhahnöffnung, und der austretende Gemischstrom entzündet sich und fährt mit

Geräusch heraus, so ist das ein Zeichen richtiger Gemischbildung, aber Versagen der Zündung. Ist dagegen die aus dem Hahn tretende Flamme gelblich gefärbt oder gar leuchtend, so ist zu viel Brennstoff im Gemisch. Bei Fahrzeugmotoren kann man den »Zischhahn« für diese Prüfung benutzen. Selbstverständlich sind die Versuche mit Vorsicht auszuführen. Zur Entzündung des Gemisches benutzt man am besten eine Spiritusdochtlampe mit langer Flamme. Der Docht der Lampe darf nicht vor die Hahnmündung gehalten werden, der Körper, namentlich der Kopf, ist zurückzubiegen, da die aus dem Hahn herausschießende Stichflamme zu sehr schmerzhaften Verbrennungen führen kann.

4. Die Ingangsetzung erfolgt erst nach einer größeren Zahl vergeblicher Umdrehungen, der Motor äußert keine Kraft, weil die Zündungen periodisch ausfallen.

Die Störung kann verschiedenen Ursprungs sein.

Ursachen: a) Die Feder des Auslaßventiles ist erlahmt, oder zu schwach gespannt oder gebrochen, b) der Brennstoffgehalt der Ladung ist nicht normal, c) bei Glührohrzündung ist das Rohr nicht genügend warm.

Erklärung und Hilfsmittel: a) Ist die Auslaßventilfeder erlahmt, zu schwach gespannt oder gebrochen, so bietet sie in der Saugperiode nicht genügend Widerstand, und das Auslaßventil öffnet sich zu dieser Zeit ebenso wie das Einlaßventil. Da nun vor dem Auslaßventil — im Auspufftopf und Auspuffrohr — Luft oder verbrannte Gase stehen, so treten diese mit in den Zylinder und verschlechtern die Ladung in dem Maß, daß sie unentzündbar wird. Diese unentzündbare, immerhin aber etwas brennstoffhaltige Ladung wird nun in den Auslaßtopf geschoben und tritt in der nächsten Ansaugeperiode zum Teil wieder durch das Auslaßventil in den Zylinder zurück. Während beim ersten Ansaugen also verbrannte Gase von hierher eintraten, kommen jetzt schon etwas gemischhaltigere Verbrennungsrückstände dazu, und je mehr Ansaugehübe gemacht werden, um so gemischreicher wird die Ladung; schließlich ist sie dann zündbar geworden, es folgt der erste Antrieb, damit bilden sich wieder Verbrennungsgase, und der geschilderte Vorgang mit einer bestimmten Anzahl von Ansaugerhüben ohne folgende Zündung setzt von neuem ein. Je nachdem die Auslaßventilfeder mehr oder weniger

schwach ist, werden die Perioden, innerhalb welcher die Zündungen folgen, größer oder kleiner.

b) Die Zündungen fallen periodisch aus, weil der Gasgehalt der Ladung zu gering ist.

Erklärung: Auch hier »reichert« sich die Ladung, wie unter a) geschildert, allmählich an. Ist das gebildete dünne Gemisch für sich allein vielleicht auch zündbar, so verwandelte es sich doch durch Vermischung bzw. Verdünnung mit den verbrannten Gasen, die ja immer im Verbrennungsraum stehen bleiben, zu einer unentzündbaren Ladung, und erst nachdem die verbrannten Gase durch einen zweiten, dritten oder vierten Ansaugehub »herausgespült« sind, nun also reines, zwar brennstoffarmes, aber doch zündbares Gemisch im Verbrennungsraum angesammelt ist, erfolgt eine Zündung. Damit bilden sich wieder Verbrennungsprodukte und der Vorgang wickelt sich von neuem ab.

c) Die Zündungen fallen periodisch aus, weil das Zündrohr nicht genügend warm ist.

Je brennstoffärmer die Ladung, je kälter der Motor, um so höher muß die Temperatur des Zündrohres sein, damit die Zündung ermöglicht wird. Es kann also der Fall eintreten, daß das reine im Gemischbilder entstandene Gemisch durch ein nur schwach erhitztes Zündrohr wohl zündbar ist, nicht aber dann, wenn es durch die im Verbrennungsraum zurückbleibenden Verbrennungsrückstände verdünnt wurde. Auch hier bleiben dann die Zündungen periodisch aus, bis die Verbrennungsrückstände hinausgespült und durch reines Gemisch ersetzt sind.

5. Unregelmäßiger Gang.

Der Motor läuft periodisch schnell und langsam.

Ursache: Mangelhafte Beweglichkeit des Regulators.

Erklärung und Hilfsmittel. Bei Motoren, welche mit einem Zentrifugalregulator ausgerüstet sind, hängt der regelmäßige Gang sehr von der sorgfältigen Behandlung dieses Maschinenteiles ab. Die Gelenke, Führungen, Schleifringe usw., welche hier in größerer Zahl vorhanden sind, müssen stets in gutem Schmierzustand erhalten werden, anderenfalls treten schwerer Gang und Klemmungen ein, die den Regulator in seiner »Empfindlichkeit« herabsetzen. Genügte die Regelmäßigkeit zu Anfang am neuen

Motor und stellte sich die Unregelmäßigkeit erst im Laufe der Zeit ein, so ist mit Bestimmtheit auf ungenügende Instandhaltung des Regulators zu rechnen. Es ist für den Wärter nicht zu empfehlen, den Regulator auseinander zu nehmen, sondern durch Einspritzen und Aufgießen von Terpentin oder Petroleum an die Schmierorte das verdickte Öl fortzuspülen, bis sich die genügende Beweglichlichkeit wieder eingestellt hat. Für den weiteren Betrieb wähle man dann dünnflüssigeres Schmieröl.

Für Kleinmotoren, bei denen es ja meistens nicht auf allergrößte Regelmäßigkeit ankommt, sind einfache, leicht instand zu haltende Pendelregulatoren den Zentrifugalregulatoren vorzuziehen. Die Störungen, welche hier eintreten können, bestehen darin, daß sich die scharfen Kanten der Schneiden zum Abstützen der Ventile abnutzen. Durch Erneuerung oder Neuschärfung der Schneiden kann hier dem Übel leicht abgeholfen werden. Es ist nur zu beachten, daß die neuen Schneideplatten genau dieselbe Länge wie die alten haben.

6. Der Motor versagt den Dienst während des Betriebes.

Ursachen: a) Zündung bleibt aus, b) Ventile sind undicht geworden, c) Asbestverpackungen sind zerrissen, d) Befestigungsmuttern für die Ventildeckel oder den Zündstutzen haben sich gelockert, e) Brennstoffleitungen sind verstopft, f) zu viel Wasser im Auspufftopf, g) versäumte Schmierung.

Erklärung und Hilfsmittel: a) Der empfindlichste Teil des Verbrennungsmotors ist die Zündung, namentlich die elektrische. Beim Versagen des Motors muß also zuerst festgestellt werden, ob die Zündung regelmäßig arbeitet oder nicht. Am schnellsten und sichersten erhält man hierüber Aufschluß, wenn der Ol- oder Zischhahn geöffnet wird, und nun die aus dem Hahn schlagende Flamme anzeigt, daß die Zündung im Innern vor sich geht. Die Ursache des Versagens der Zündung kann sein: Gelockerte Kontaktschrauben für den Leitungsdraht. Festsitzen der Zündspindel. Gebrochene oder erlahmte Feder des äußeren Zündhebels. Ruß oder Ölkohle auf der Isolation des Zündstiftes im Innern des Verbrennungsraumes. Ölspritzer. Beschlagen der Zündstiftisolierung mit »Verbrennungswasser«. Brechen der Isolierhülsen usw. Die Prüfung der Zündung auf ihre Wirksamkeit erfolgt in der schon beschriebenen Weise.

b) und c). Ob undichte Ventile oder andere Undichtigkeiten die Ursache der Betriebsstörung sind, erkennt man sofort daran, daß der Kompressionswiderstand sich wenig äußert und schnell verschwindet. Den Kompressionswiderstand bekommt man am schnellsten, wenn das Rad verkehrt herumgedreht wird. Der Ursprung der Undichtigkeiten kennzeichnet sich durch Zischen beim Verkehrtherumdrehen des Schwungrades. Durch Ableuchten, durch Aufgießen von Öl oder Seifenwasser auf die Dichtfugen (es findet dann Blasenbildung an den undichten Stellen statt) oder durch Anhalten eines Strähnchens Putzwolle kann man den Ort der Undichtigkeit finden.

d) Befestigungsmuttern können sich während des Betriebes am Ein- oder Auslaßventil und am Zündstutzen lockern, namentlich wenn hier neue Verpackungen gemacht sind. Das Verpackungsmaterial, die Asbestpappe, zieht stark Feuchtigkeit an, diese verdampft nach der ersten Inbetriebsetzung, die Verpackung trocknet zusammen und der »Anzug« der Befestigungsmuttern genügt nicht mehr, um den dichten Abschluß zu vermitteln. Wo also Asbestverpackungen benutzt werden, da gilt die Vorsichtsmaßregel, die Befestigungsmuttern bald nach der ersten Inbetriebsetzung wiederholt nachzuziehen. Versäumt man dies, so zerreißen die Asbestverpackungen und werden nach den Seiten hinausgeschleudert.

e) Die Brennstoffleitungen sind verstopft. Trotzdem jede Motorenanlage mit einem Brennstoffilter ausgerüstet sein muß, können dennoch Verstopfungen der Rohrleitungen durch Feilspäne oder andere Fremdkörper, welche bei Herstellung der Leitung zwischen Filter und Motor hineingeraten sind, vorkommen. Die Ausflußöffnungen der Zerstäuber sind sehr fein, und sehr kleine Körper genügen, sie zu verstopfen. Auch die Filter selbst können sich im Laufe der Zeit verstopfen, namentlich wenn sie nicht genügende Filterfläche besitzen. Sobald also ein Motor den Dienst während des Betriebes versagt, ist der Zerstäuber bzw. das Schwimmerventil des Gemischbilders herauszuheben und zu untersuchen, ob der Brennstoff freien Durchfluß findet oder nicht.

f) Zuviel Wasser im Auslaßtopf. Dem Auslaßtopf, bzw. Schalldämpfer, wird oft nicht genügende Beachtung geschenkt. Meistens steht er sehr unrichtig an einem wenig zugänglichen Ort. Wie bekannt, hat der Auspufftopf nicht nur den Zweck, das Auspuffgeräusch zu dämpfen, sondern er soll auch das sich in der

Rohrleitung niederschlagende »Verbrennungswasser« aufnehmen. Bei kaltem Wetter und langer Auspuffleitung ist diese Wassermenge so bedeutend, daß die Entleerung auch während der Betriebszeit mehrere Male am Tage zu erfolgen hat. Wird dies versäumt, so kann das Wasser, namentlich bei den mit Aussetzerregulierung arbeitenden Motoren, leicht in den Arbeitszylinder geraten und den Motor zum Stillstand bringen; sei es nun, daß die elektrische Zündung durch das umherspritzende Wasser gestört wird, daß das Zündrohr zerspringt oder die Gemischbildung ungünstig beeinflußt wird. Die Beseitigung des Wassers aus dem Zylinder ist häufig eine umständliche Arbeit; es muß dann das Einlaßventil herausgenommen und das Wasser mit einem durch die Ventilöffnung gesteckten Putzwollballen aus dem Innern aufgesaugt werden.

Allen diesen Zufälligkeiten wird vorgebeugt, wenn man den Ablaßhahn am Auslaßtopf bei kalter Witterung überhaupt etwas offen stehen läßt, so daß das Wasser dauernd abfließen kann.

g) Versäumte Schmierung des Zylinders oder der Lager. Bei Verwendung von »Ringschmierlagern«, »Ölspülung« oder »Druckschmierung« gehört zwar ein Versagen der Schmierung zu den Seltenheiten. Dennoch können sich aber die Ölzuführungsrohre oder Schmierlöcher verstopfen oder Lagerdeckelschrauben zu fest angezogen sein, so daß der Ölzufluß behindert wird, dies oder jenes Lager warm läuft und solchen Widerstand erzeugt, daß der Motor zum Stillstand kommt. Bei jeder Reinigung hat sich also der Wärter auch von dem ungehinderten Durchfluß des Schmieröles an allen Schmierorten zu überzeugen und durch längeren Probelauf festzustellen, daß alle Lager auf die Dauer ohne Erwärmung arbeiten.

7. Der Motor äußert zu wenig Kraft oder läuft zu langsam.

Ursachen: a) Zündzeitpunkt liegt zu früh oder zu spät, b) bei selbsttätigem Einlaßventil kann die Feder zu stark gespannt sein oder das Ventil zu wenig Hub haben, c) es bleiben Zündungen aus, d) die Ventile oder der Kolben halten nicht mehr dicht, oder es sind an anderen Stellen Undichtigkeiten, e) das Auspuffrohr ist verstopft, f) die Auslaßventilfeder ist erlahmt oder zu schwach gespannt, g) Steuerungsteile, Bolzen oder Rollen haben sich abgenutzt, h) Steuerungsräder sind versetzt, unrichtige Zähne kommen zum Eingriff, i) es strömt zu wenig Brennstoff ein.

Die Verminderung der Kraftäußerung ist eine der häufigsten und unangenehmsten Störungen; sie äußert sich dort am fühlbarsten, wo der Motor bis zur Grenze seiner Leistungsfähigkeit in Anspruch genommen wird.

a) Der Zündzeitpunkt liegt zu früh oder zu spät. Welch großen Einfluß die richtige Zündzeit auf die Kraftäußerung hat, darüber ist man sich eigentlich erst in den letzten zehn Jahren klar geworden, seitdem man schnellaufende Automobilmotoren und Großgasmotoren baut und man mit Hilfe der elektrischen Zündung in der Lage ist, den Zündzeitpunkt durch einfache Mittel zu verlegen.

Je schneller ein Motor läuft, je größer seine Abmessungen sind, je schwächer das verwendete Gemisch ist, um so früher muß gezündet werden. Einrichtungen zur Verlegung des Zündzeitpunktes während des Betriebes sind also von größter Bedeutung für das Herausholen der größten Kraftäußerung und müssen vom Wärter mit Verständnis benutzt werden.

b) Die Einlaßventilfeder ist zu schwach oder das Ventil hat zu wenig Hub. Von wesentlichster Bedeutung für die Kraftleistung eines Gasmotors ist das Verhalten des Einlaßventiles. Sollen die Abmessungen des Zylinders voll ausgenutzt werden, so muß er sich auch so viel wie möglich mit Ladung füllen können. Ein selbsttätig arbeitendes Einlaßventil kann diese Forderung nicht erfüllen, weil es in seinen Bewegungen unkontrollierbar ist. Es öffnet sich erst, wenn in der Saugperiode der Unterdruck im Zylinder so stark geworden ist, daß das Gewicht des Ventiles oder die Spannung der Feder überwunden werden kann. Das Ventil verharrt dann nicht in geöffneter Stellung, sondern springt auf und nieder, den Durchgangsquerschnitt bald verkleinernd, bald vergrößernd. Hierdurch ergeben sich zwei Übelstände, die Menge der Ladung wird beschränkt und die Möglichkeit ist vorhanden, daß das Ventil den Abschluß erst wieder herstellt, wenn zum Schluß des Hubes ein Teil der eben in den Zylinder gelangten Ladung wieder zurückprallt, denn die Luft ist ein elastisches Medium.

Die Störungen, welche durch zu späten Schluß des Einlaßventiles entstehen, machen sich fühlbar 1. durch verringerte Kraftleistung, 2. durch Verlust an Brennstoff und 3. durch Brennstoffgeruch im Motorenraum. Um zu erkennen, ob Ladung aus dem Einlaßventil zurückprallt, ist die Spitze einer Kerzenflamme oder

ein dünner Faden vor die Lufteintrittsöffnung zu halten; wird die Flamme oder der Faden zum Schluß des Saughubes nach außen gestoßen, so geht Ladung verloren. Durch Ändern der Federspannung oder durch Auswechseln der Feder gegen eine härtere oder weichere kann man den Fehler häufig vermindern.

c) Ausbleibende Zündungen. Periodisch ausbleibende oder auch verspätete Zündungen treten bei Glührohrzündungen auf, wenn das Rohr nicht genügend warm ist. Abhilfe bringt Erneuerung des Asbestfutters im Schornstein der Heizflamme und Beschränkung der Kühlung.

d) Undichtigkeiten an den Ventilen, dem Kolben oder den Dichtfugen der Verschlußdeckel. Undichtigkeiten am Motor führen zu Verlusten an Ladung. Je kleiner die Abmessungen der Motoren sind und je höher die Kompression gewählt war, um so schädlicher wirken Undichtigkeiten. Undichtigkeiten der Ventile können nur durch Besichtigung ihrer Schleifflächen festgestellt werden. Der undichte Kolben macht sich durch Zischen während der Arbeitsperiode kenntlich. Bei Motoren mit geschlossenem Kurbelgehäuse (Automobilmotoren) muß man den etwa vorhandenen Gehäusedeckel abnehmen, und während der Motor von Hand gedreht wird, hören, ob es im Gehäuse zischt. Undichtigkeiten an den Verschlußdeckeln der Ventile, dem Zündstutzen usw. sind, wie schon erwähnt, durch Aufgießen von Seifenwasser oder Öl auf die Dichtfugen zu prüfen.

e) Verstopfung des Auspuffrohres und des Auspufftopfes. Der Kraftverlust, welcher durch Verstopfung des Auspuffrohres hervorgerufen wird, tritt immer allmählich ein. Die Ursache ist Bildung von Ölkohle, Ansammlung von verdicktem Schmieröl und bei Petroleummotoren unverbrannter Brennstoffreste, welche sich an den Wandungen des Auspufftopfes und Rohres im Laufe der Zeit ansetzen. Je stärker man den Kolben schmiert, und je weniger der Ölablaßhahn benutzt wird, um so schneller stellt sich das Übel ein. Im Laufe der Jahre wird sich bei jedem Verbrennungsmotor eine Verengung des Auspuffrohres zeigen. Je sorgfältiger aber die Kolbenschmierung gehandhabt wird, je fleißiger der Ablaßhahn benutzt wird und je genauer bei Petroleummotoren die Zufuhr des Brennstoffes eingestellt wird, um so mehr beugt man der Verengung des Rohres vor. Jedenfalls muß das Auspuffrohr durch Abschrauben vom Topf von Zeit zu Zeit untersucht werden. Um die Auspuffleitung von anhaftender Ölkohle

zu reinigen, stellt man die auseinandergeschraubten Rohre einzeln auf das Feuer einer Feldschmiede und brennt die Ölkohle und Petroleumreste aus.

f) Erlahmte oder zu schwach gespannte Auslaßventilfeder. Jede Feder läßt in ihrer Spannkraft allmählich nach, das Auslaßventil verlangt aber, daß es durch seine Feder immer mit gleicher Kraft auf den Sitz gezogen werde. Während der Ansaugeperiode herrscht ein bestimmter Unterdruck im Arbeitszylinder, dem das Auslaßventil standzuhalten hat. Anderseits darf die Feder aber auch nicht zu stark gespannt werden, denn die Teile der Auslaßsteuerung müssen so wie so beim Öffnen des Ventiles den darauf ruhenden Enddruck überwinden. Der Wärter hat also von Zeit zu Zeit die Auslaßventilfeder durch Anheben des Ventiles mit der Hand auf ihre Spannung zu prüfen.

g) Die Steuerungsteile, Bolzen, Rollen und Lager haben sich abgenutzt. Mit Abnutzung dieser Teile verkürzt sich die Öffnungszeit der Ventile, die Verbrennungsprodukte können nicht in genügendem Maß austreten, die Ladung setzt sich aus mehr verbrannten Gasen und weniger Gemisch zusammen und ergiebt einen schwächeren Verbrennungsdruck.

h) Die Steuerungsräder sind versetzt, es kommen unrichtige Zähne zum Eingriff. Ein Auseinandernehmen der Steuerräder wird an den Verbrennungsmotoren nur sehr selten vorkommen, aber weil es so selten nötig ist, kommt es häufig vor, daß die Wärter beim Zusammensetzen nicht auf die Zeichen an den Zähnen achten. Erleidet die Steuerung durch das Versetzen der Zähne eine starke Veränderung, so geht der Motor überhaupt nicht an; handelt es sich aber nur um einen oder einige Zähne, so geht er auch hiermit an, er äußert aber erheblich weniger Kraft. Sobald der Motor nach abgenommener Steuerwelle weniger Kraft äußert, kann man mit ziemlicher Bestimmtheit darauf rechnen, daß unrichtige Zähne der Steuerräder ineinandergreifen.

8. Es knallt beim Ansaugen der Ladung.

Ursachen des Knallens oder der »Rückschläge« während der Ansaugeperiode sind: a) Bildung langsam brennenden Gemisches, b) mangelnde Kühlung, c) nachbrennende Schmieröldämpfe, d) glimmende Ölkohle oder Asbestfasern, e) Sackgassenähnliche Räume im Innern des Verbrennungsraumes.

Erklärungen: Das Knallen während der Ansaugeperiode, das »Durchschlagen« oder »Zurückschlagen« ist immer in vorzeitiger Entzündung der Ladung beim Eintritt in den Arbeitszylinder, also bei noch geöffnetem Einlaßventil, zu suchen. Das Knallen gehört zu den unangenehmsten und häufig zu den am schwersten zu beseitigenden Störungen. Als Ursache wurde unter a) Bildung langsam brennenden Gemisches angeführt. Es entsteht bei ungenügendem Brennstoffgehalt oder zu großem Gehalt an Verbrennungsrückständen.

Erklärung: Bei geringem Brennstoffgehalt der Ladung geht die Verbrennung so langsam vor sich, daß die Flamme als solche während der Auspuffperiode und auch noch zu Beginn der Ansaugeperiode im Arbeitszylinder erhalten bleibt und hier eine unerwünschte, unzeitig wirkende Zündquelle abgiebt, so daß die plötzlich entwickelten Verbrennungsgase mit mehr oder weniger starkem Knall aus dem geöffneten Einlaßventil hinausfahren.

b) Mangelhafte Kühlung. Je höher die Temperatur der Wandungen des Verbrennungsraumes, um so wärmer sind auch die hier verbleibenden Rückstände und um so größer ist die Gefahr, daß sich die neue Ladung schon beim Eintritt entzünde. Je größer der Motor, um so dicker sind die Wandungen des Verbrennungsraumes, um so weniger schnell durchdringend ist die Kühlung und um so mehr sind Rückschläge zu befürchten, namentlich wenn die Motoren außerdem noch schnell laufen. Bei großen Motoren darf die Kühlwassertemperatur also nicht so hoch wie bei kleinen steigen.

c) Brennende Schmieröldämpfe. Das Zylinderschmieröl besteht zum großen Teil aus Mineralöl. Da die Verbrennungstemperatur im Zylinder viel höher wie die Destillationstemperatur des Öles steigt, so bilden sich Öldämpfe, welche unter normalen Verhältnissen mit der Ladung nutzbringend verbrannt werden. Ist aber die Mischung dieser Öldämpfe mit der Ladeluft unvollkommen, oder war zu wenig Luft vorhanden, so brennt dieses Gemisch aus Öldämpfen und wenig Luft viel langsamer wie die wirkliche Ladung — es schwelt nach — und bildet die unerwünschte Zündquelle für die nächste Ladung.

Eigentümlich ist es, daß die Rückschläge immer nur einzeln in größeren oder kleineren Zeitabschnitten auftreten. Auch hierauf läßt sich eine Antwort finden. Die Entzündung findet beim Eintritt eines Rückschlages, nämlich bei mehr oder weniger freigelegter Zylinderfläche statt, fast die ganze ölbedeckte Fläche wird der hohen Verbrennungstemperatur ausgesetzt, sehr viel Öldämpfe

werden sich bilden und mit aus dem Einlaßventil hinausfahren. Außerdem bleibt auch wenigstens die nächste Zündung aus, weil das Luftrohr und der Ansaugetopf nicht mit Luft, sondern mit den Verbrennungsprodukten des »Rückschlages« erfüllt sind. Der Zylinder kühlt sich also innen etwas ab, das überschüssige Schmieröl wird entfernt, und so kommt es, daß jetzt wieder für eine Zeitlang der normale Gang eintritt. Durch Verwendung schwereren Schmieröles und Beschränkung der Schmierung kann man den Übelstand meistens beseitigen.

d) Glimmende Ölkohle und Asbestfasern. Bei ungenügender Reinigung des Verbrennungsraumes, des Auslaßventiles und auch des Kolbenbodens können Teile der hier abgesetzten Ölkohle leicht ins Glühen geraten und die vorzeitige Entzündung der eintretenden Ladung veranlassen. Ebenso wirken auch vorspringende Teile von Asbestverpackungen. Letztere müssen immer zurückspringen und sauber ausgehauen werden. Gute Motoren haben überhaupt keine Asbestdichtungen, sondern überall Schleifflächen, die allerdings sorgfältig behandelt werden müssen, dann aber auch die bequemsten und zuverlässigsten Dichtungen abgeben.

e) Sackgassenähnliche Räume, welche in direkter Verbindung mit dem Verbrennungsraum stehen. Diese Ursache der Rückschläge ist wenig bekannt. Die Räume brauchen durchaus nicht groß zu sein, so genügt z. B. die etwa 10 mm weite Bohrung des Indikatorstutzens oder die Bohrung für den Ölhahn oder die für den Wasserabflußhahn am Zündrohr, den man an manchen alten Motoren noch findet, um das Übel hervorzurufen.

Erklärung: Die mehr oder weniger langen Bohrungen — Sackgassen — sind nach dem Treibhub mit Verbrennungsgasen gefüllt, bei der Kompression dringt zündbares Gemisch hinein, es bildet sich ein langsam brennendes Gemisch, welches noch »nachschwelt«, während die neue Ladung schon wieder angesaugt wird. Gegen Mitte des Ansaugehubes, wenn der Kolben schneller läuft und im Zylinder stärkerer Unterdruck eintritt, kommt dann die Flamme aus ihrem Schlupfwinkel heraus und entzündet das schon im Zylinder vorhandene Gemisch.

Die Bohrungen für Indikatorhähne sind also mit einer Zapfenverschraubung zu verschließen, die sie ganz ausfüllt. Ölablaßhähne sind sehr eng zu machen oder durch Ventile zu ersetzen.

9. Es erfolgen Stöße im Motor.

Seitdem Motoren mit großer Umdrehungszahl und hoher Kompression und elektrischer Zündung gebaut werden, ist es nötig, die Zündzeit veränderlich zu machen, und es gehört zu den Obliegenheiten des Wärters, sie entsprechend den jeweiligen Verhältnissen richtig einzustellen. Wirkt die Zündung zu spät, so ist Kraftverlust damit verknüpft, wirkt sie zu früh, so wird der Gang des Motors ein »harter«, auch folgen von Zeit zu Zeit starke Stöße in der Maschine. Auch beim Glührohr kann die Zündung zu früh eintreten, so daß sich ein harter Gang einstellt, der kraftraubend wirkt und die Haltbarkeit des Motors gefährdet. Die vorzeitige und unregelmäßige Wirkung des Zündrohres tritt namentlich bei kurzen, weiten oder wohl gar konisch geformten Rohren ein. Dem Übel wird abgeholfen, wenn man den Kanal zwischen dem Glührohr und dem Innern des Verbrennungsraumes durch ein fest eingeschlagenes Rohrstück aus Schmiedeeisen verengt.

Für Petroleum- und Benzinmotoren kommen noch Stöße besonderer Art in Betracht. Diese Brennstoffe, namentlich das Petroleum, vertragen nur geringe Kompression, weil sie eine sehr niedrig liegende Entzündungstemperatur haben. Kommt noch hinzu, daß die Motoren schwach gekühlt werden und schnell laufen, so entzündet sich die Ladung schon vor dem Totpunkt, allein durch die Kompressionswärme. Diese Entzündung nimmt einen ganz anderen Verlauf wie die durch die gebräuchlichen Zündmittel, welche von einem Punkt ausgehend wirken, sie hat den Charakter einer wirklichen Explosion, bei der die Entzündung an allen Teilen des Gemisches zu gleicher Zeit eintritt. Dementsprechend sind denn diese Stöße auch außerordentlich heftig und gefahrbringend für die Maschine. Brüche von Kurbelwellen, Brechen der Kurbelachslager sind die Folge. Bei Petroleumbootsmotoren findet das Abfliegen von Schraubenflügeln in diesen Stößen seine Erklärung.

Stöße, deren Ursache in Abnutzung einzelner Maschinenteile zu suchen ist, sind regelmäßig in jeder Arbeitsperiode hörbar, während »Kompressionszündungen« meistens einzeln und erst nach erlangter Betriebswärme auftreten.

Der Abnutzung am stärksten unterworfen sind der Zapfen im Kolben, der Schwungradkeil und die Kurbellager. Nachdem seit Mitte der achtziger Jahre die Mehrzahl der Motorenfabriken dazu übergegangen ist, die Schwungräder nicht mehr auf den zylindrischen Achsschenkel festzukeilen, sondern auf den konisch gedrehten

Achsschenkel zu pressen, kommen Stöße infolge gelockerten Keils nicht mehr vor. Wenn jetzt das Schwungrad mit der dazu gehörenden Mutter nicht genügend festgezogen und keine Sicherungsfeder eingeschoben ist, so steht der Motor mit einem gewaltigen Ruck plötzlich still und das Schwungrad läuft lose auf dem Achsschenkel weiter.

10. Der Motor läuft zu schnell.

Die Ursache des zeitweisen oder dauernden Zuschnellaufens des Motors ist immer im Regulator zu suchen. Ein periodisches Steigen und Fallen der Umdrehungszahl findet statt, wenn der Regulator ungenügend geschmiert wird oder abgenutzt ist. Bei andauerndem Zuschnellaufen ist meistens der Regulatorantrieb zerstört. Wird der Regulator vernachlässigt, sind die Schmierlöcher verstopft und gelangt kein Öl an die Regulatorspindel oder den Schleifring, so »fressen« sich diese Teile, die Zähne der Antriebsräder müssen brechen, oder, falls der Antrieb durch einen Riemen besorgt wird[1]), fällt dieser ab und der »Motor geht durch«. Fällt dann auch noch der Betriebsriemen infolge erhöhter Geschwindigkeit ab, so entsteht die allergrößte Gefahr für den Motor. Das Schwungrad kann »explodieren«, die Deckelschrauben der Pleuelstange können reißen, und es ist vorgekommen, daß der Motor in solchen Fällen ganz zerstört wurde.

Gefahren und Vorsichtsmaßregeln beim Umgang mit Verbrennungsmotoren.

Jede Maschine birgt ihre besondere Art von Gefahren in sich, von denen der Wärter Kenntnis haben muß, um sie vermeiden zu können. Bei den Verbrennungsmotoren sind dies die Feuers- und Explosionsgefahren, die mit den verwendeten Brennstoffen zusammenhängen.

Feuers- und Explosionsgefahr entsteht bei den Motoren durch Undichtigkeit an den Brennstoffleitungen. Der Wärter hat also darauf zu achten, daß alle Verbindungsstücke und Abschlußorgane dicht erhalten bleiben. Nach jeder Lösung der Leitung sind alle in Frage kommenden Verbindungen wieder sicher und fest anzuziehen und sorgfältig auf Dichthalten zu prüfen. Die Konstruktion der meisten heute gebräuchlichen Benzinmotoren ist

[1]) Der Antrieb des Regulators durch einen Riemen ist immer gefährlich und müßte verboten werden.

so beschaffen, daß der Brennstoff dem Motor unter gelindem Druck zufließen muß, sei es nun, daß der Vorratsbehälter in geringer Höhe über dem Motor angebracht ist oder das Innere des Behälters unter Druck versetzt wird. Sobald also die Brennstoffleitung an irgend einer Stelle undicht wird, entleert sich der ganze Behälter. Der Brennstoff fließt in den Motorenraum, und Brände oder Explosionen sind unvermeidlich, falls Flammen dort brennen.

Trotz aller Vorsichtsmaßregeln, welche die Feuerversicherungen vorschreiben, ist also dennoch die größte Vorsicht nötig.

Für die Person des Wärters kommen am meisten die Gefahren in Betracht, welche ihm durch die im Motor verbleibenden, leicht flüssigen Brennstoffreste drohen. Öffnet man einen Motor, in dem unentzündetes Gemisch verblieben ist, etwa durch Abnehmen eines Ventildeckels, oder löst den Kolben von der Kurbelwelle, um ihn herauszuziehen, so kann, falls elektrische Zündung vorhanden ist und der Motor gedreht wird, die Entzündung des Gemisches erfolgen. Es schlägt dann eine starke Flamme aus dem geöffneten Ventil heraus oder der gelöste Kolben wird mit Heftigkeit aus dem Zylinder herausgeschleudert.

Schon oft ist es hierbei zu schweren Verbrennungen oder Quetschungen der Wärter gekommen, die vermieden werden konnten, wenn die Vorsichtsmaßregel befolgt worden wäre, daß vor jeder Arbeit am Motor die Zündung auszuschalten ist und immer erst mit abgewandtem Gesicht eine Flamme in das Innere des Zylinders gehalten wird, um die dort etwa noch vorhandenen Ladungsreste zu entzünden.

Alle Personen, welche bei Untersuchungen von Motoren beschäftigt sind, müssen auf die Gefahren, welche ihnen drohen, aufmerksam gemacht werden. Niemand darf beim Drehen des Schwungrades mit den Füßen in die Speichen treten oder den Schwungradkranz so ergreifen, daß er seinen Arm durch die Speichenöffnung steckt. Das Schwungrad muß an den Speichen oder am Kranz immer gezogen, nicht geschoben werden. Jeder muß beim Drehen des Rades einen festen Stand einnehmen und sofort loslassen, wenn er merkt, daß seine Kräfte nicht ausreichen, den Widerstand der Kompression zu überwinden.

Das Hineinsehen in den Heizlampenschornstein eines Porzellanglührohres ist unbedingt zu vermeiden. Nur zu oft ist es vorgekommen, daß gerade zu dieser Zeit das Zündrohr platzte und die glühenden Porzellansplitter und Teile des ebenfalls

glühenden Asbestfutters dem Wärter in die Augen flogen. In erhöhtem Maß ist die Gefahr vorhanden, wenn während des Hineinsehens Verschiebungen oder Verstellungen der Lampe oder des Schornsteins vorgenommen wurden.

Im allgemeinen möge noch auf die Gefahren hingewiesen werden, welche durch mangelhaft geschützte Schwungräder, Riemen, Achsen und Zahnräder entstehen. In dieser Beziehung werden meistens noch viel zu wenig Schutzmaßregeln getroffen. Schutzgitter für Schwungräder, Riemen usw. genügen erst, wenn sie so hoch sind, daß man sich nicht darüber fortlehnen kann. So weit dies möglich, sollten alle Motoren mit Anlaßvorrichtungen durch Preßluft ausgerüstet sein.

Das Abwischen und Anfassen bewegter Maschinenteile soll vermieden werden. Namentlich darf man nicht mit Putzwolle in die Nähe von Zahnrädern kommen. Selbst wenn die Räder durch Kappen geschützt sind, können herabhängende Fasern der Wolle durch Lücken der Schutzkappen hindurch in die Zähne geraten und die Hand des Wärters nach sich ziehen, bevor es ihm möglich war, sich frei zu machen. Der von vielen Monteuren und Wärtern beliebte Kunstgriff, die Pleuelstange während des Betriebes am Schaft anzufassen oder die Hand vom Kopf der Stange streifen zu lassen, um festzustellen, ob das Lager klopft oder warm läuft, ist stets gefährlich. Alle Fabriken bringen jetzt Schutzkappen über der Kurbel und Pleuelstange an, durch welche diese Handgriffe unausführbar werden.

Sachverzeichnis.

Abnutzung der Steuerungsteile 294.
Abreißgestänge der Magnetzündung 98.
Abreißgestänge für Automobilmotoren 107.
Alkohol 9.
Anfassen bewegter Maschinenteile 297.
Anhalten der Motoren 276.
Anlassen, Vorschriften für das 275.
Anlassen, Versagen des Motors beim 280.
Anlaßkurbel 83.
Anlaßventil 83.
Anlaßvorrichtungen 83.
Arbeitszylinder 50.
Arbeitsverfahren der neueren Petrol- und Benzinmotoren 45.
Aufstellung ortsfester Motoren 257.
Aufstellungsplan eines ortsfesten Benzinmotors 265.
Auslaßtopf, Wasser im 287.
Auslaßventil 57.
Auslaßventilfeder, zu schwache 291.
Auspuffrohres, Verstopfung des 290.
Auspuffrohres, Lage des 260.
Aussetzerregulierung 79.
Automobile. Einleitung 204.

Bauarten, liegende, stehende und schräge 47.
Bauwinde, Oberurseler 251.
Befestigungsmuttern, gelockerte 287.
Benzin, Eigenschaften als Motorbrennstoff 12.
Benzinmotoren, Entwicklung der 22.
Benzinluftgemisch 12.
Benzinmotor von Banki 140.
Benzinmotor von Brayton 24.
Benzinmotor von Daimler 30.
Betriebsstörungen, Beseitigung von 279.
Benzol (Roh-), Eigenschaften 7.
Benzol-Brennwert und Preis 18.
Beschlagen der inneren Zündorgane 283.
Bootsmotor Antoinette 196.
Bootsmotor von Daimler (1890) 181
Bootsmotor von Deutz (1907) 187.
Bootsmotor von Kämper (1907) 190.
Bootsmotor »Sleipner« von Körting (1907) 183.
Bootsmotor von Swiderski (1895) 181.
Bootsmotor von Thornycroft (1907) 193.
Braunkohlenschwelerei 8.
Braunkohlenteer 8.
Brennstoffleitungen, verstopfte 287.
Brennstoffzuführungsorgane 57.

Destillationskokerei 8.
Dieselmotor, Einleitung 42.
Dieselmotor, Schnitte und Luftpumpe 145.
Dieselmotor, Ansichten 147—148.
Dieselmotor, Aufstellungsplan 146.
Draisine von Daimler 221.
Druckerzeuger für Heizlampen 75.
Durchgehen des Motors 81 u. 295.
Dynamoanlage von Bieberstein & Gödicke 254.

Elektrische Zündung (Entwicklung) 95.
Einlaßventil 57.
Einlaßventilfeder, zu schwache 289.
Ergin 19.
Explosionsgefahr beim Betrieb von Motoren 295.

Fahrradmotoren, Einleitung 173.
Fahrradmotor von Dufaux & Co. 176.
Fahrradmotor von Dion-Bouton (1895) 157.

Fahrradmotor, Nekarsulmer 174.
Fahrradmotor, Wanderer Fahrradwerke 178.
Fahrzeugmotoren, Einleitung 153.
Fahrzeugmotor von Benz (1896) 155.
Fahrzeugmotor von Canello Dürkopp (1900) 158.
Feuersgefahr beim Betrieb von Motoren 295.
Feuerspritze der Daimler-Motorengesellschaft 251.
Feuerversicherungsbedingungen für die Aufstellung von Benzin-, Petroleum- und Spiritusmotoren 269—274.
Filter für Brennstoffe 72.
Füllungsregulierung für Motoren 79.
Fundamente, Baugrund der 257.
Fundamente der ortsfesten Motoren 259.

Gefahren und Vorsichtsmaßregeln beim Umgang mit Motoren 295.
Gefahren beim Anfassen und Abwischen bewegter Maschinenteile 297.
Gefahren beim Anlassen von Motoren 296.
Gefahren beim Auseinandernehmen von Motoren 296.
Gemisch oder Qualitätsregulierung 80.
Gemischbildungsorgane 58.
Gemischbilder für leichtsiedende Brennstoffe 58.
Gemischbilder der Adlerwerke 63.
Gemischbilder von A. Clément 64.
Gemischbilder der Daimler-Motorengesellschaft 62.
Gemischbilder von Longuemare, ältere Konstruktion 64.
Gemischbilder von Longuemare, neueste Konstruktion 65.
Gemischbilder der Nekarsulmer-Fahrradwerke 65.
Gemischbilder von Dufaux & Co. 175.
Gemischbilder für schwere Brennstoffe 66.
Gemischbilder von Banki 69.
Gemischbilder von Capitaine 68.
Gemischbilder von Longuemare 69.
Glührohrzündung, Einleitung 92.
Glührohrzündung, Wirkungsweise 93.
Grudekoks 8.

Heizlampen für Benzin- und Petroleummotoren 73.
Heizlampe für Petroleum von Capitaine 76.
Heizlampe für Petroleum, schwedische 77.
Holzsäge- und Spaltwerke von Grob & Co. 256.

Ingangsetzung von Motoren 284.

Kabelschuh der Apparatebauanstalt Fischer 109.
Kanonenboot mit Dieselmotoren von 1400 PS 237.
Kartoffelspiritus 9.
Knallen des Motors beim Auspuffen 280.
Knallen des Motors beim Ansaugen 291.
Kolben 52.
Kolbenringe 54.
Kolbenringstifte 55.
Kolbenzapfen 53.
Kompressor von Deutz 250.
Kompressionsentlastung 83.
Kompressionszündungen 294.
Konstruktionsteile der Petroleum- und Benzinmotoren 49.
Kraftmangel bei den Motoren 288.
Kraftwagen Bayard $^{14}/_{18}$ PS und $^{10}/_{14}$ PS 213.
Kraftwagen der Daimler-Motorengesellschaft 18 PS 208.
Kraftwagen der Union, Vierzylinder und Einzylinder 214.
Kühlung, Folgen mangelhafter 292.
Kühlgefäße 262.
Kühlvorrichtung mit Druckwasser 261.
Kurbelgehäuse 49.

Ladeluft, Entnahme der 277.
Lastwagen der Daimler-Motorengesellschaft 211 und 212.
Lieferungswagen (Cyklonette) 215.
Lichtbogenzündung von Bosch 104.
Lokomobile von Bieberstein & Gödicke 242.

Lokomobile mit Vorgelege von Deutz 240.
Lokomobile von Ganz & Co. 244.
Lokomobile ohne Vorgelege von Oberursel 241—243.
Lokomobile von Swiderski 245.
Lokomobile von Tangyes Ltd. 243.
Lokomotive von Deutz 223—224.
Lokomotive von Oberursel 225.
Luftschiffsmotoren, Einleitung 194.
Luftschiffsmotor von Körting 1887 195.
Luftschiffsmotor von 100 PS d. Société Antoinette 196.
Luftschiff, lenkbares, des Grafen v. Zeppelin 239.
Luftschiff, lenkbares, »La Ville de Paris« 239.
Luftzuleitungsrohr 261.

Magnetelektrische Zündung, Einleitung 96.
Magnetelektrischer Zündapparat mit kreisendem Anker 107.
Magnetelektrische Zündapparate der Apparatebauanstalt Fischer 101.
Magnet-Zündkerze (System Honold) 108.
Maschinenrahmen 50.
Militärlastwagen von 10 PS der Daimlermotoren-Gesellschaft 211.
Mineralkohlendestillate 6.
Molkereianlage mit Motorenantrieb 267.
Motorboote, zeitgemäße, Einleitung 227.
Motorboot von Bieberstein & Gödicke 235.
Motorboot, erstes, von Daimler 226.
Motorboot, älteres amerikanisches 226.
Motorboot von Meißner 233.
Motorboot von Thornycroft 234.
Motorbrennstoffe, Eigenschaften der 10.
Motorpumpe von Deutz 247.
Motorpumpen von Körting 247.
Motorpumpe von Deutz 247—248.
Motorpumpe von Swiderski 246.
Motorpumpen von Tangyes Ltd. 249.
Motorrad von Daimler (1885) 198.
Motorrad »La Motosacoche« 217.
Motorrad mit Seitenwagen Nekarsulm 216.
Motorrad von $2^1/_2$ PS der Wanderer-Fahrradwerke 217.

Motoranlagen für landwirtschaftliche Betriebe 266.

Naphthalansalbe 3.

Ölablaßhahn 283.
Ölkohle, glimmende 293.
Ölspritzer 283.
Omnibus der Daimler-Motorengesellschaft, 12 PS, 210.

Paraffin 8.
Pendelregulatoren 81.
Pendelregulator von Krupp-Grusonwerk 81.
Personenschiff mit Dieselmotorenbetrieb 236.
Petroleumfundorte 1.
Petroleumentstehung 2.
Petroleum, Eigenschaften des Roh- 3.
Petroleum-Industrie 2.
Petroleum, Eigenschaften als Motorbrennstoff 14.
Petroleumdampf-Luftgemische 16.
Petroleumdestillate 4.
Petroleumdestillate, Feuersgefahr 5, 17.
Petroleumdestillate, Verwendungszwecke 5.
Petroleumnebel 15.
Petroleumverbrauch der Motoren 34.
Petroleummotoren, Einleitung 142.
Petroleummotor von Ganz & Co. 143.
Petroleummotor System Diesel 144.
Petroleummotor System Trinkler 150.
Petroleummotor System Brons 152.
Probelaufen der Motoren 278.
Pumpe f. flüssige Brennstoffe (Capitaine) 70.
Pumpe für flüssige Brennstoffe (Dieselmotor) 71.
Pumpe für flüssige Brennstoffe (Grob & Co.) 71.
Pumpwerk für Motorenantrieb (Deutz) 248.
Pumpwerk für Motorenantrieb (Körting) 245.
Pumpwerk für Motorenantrieb (Tangyes) 249.

Regulator, Schwunggewichts- (Körting) 82.
Regulators, Einstellen des 81.
Regulator, während des Ganges verstellbar 81.
Regulierverfahren 78.
Regulierung, Ausführungsarten 79.
Regulierung durch Verlegen der Zündzeit 80.
Reinigung der Motoren (äußere und innere) 276.
Reinigung der Motoren von Ölkohle 277.
Reinigung des Kolbens 278.
Rippenkühler für ortsfeste Motoren 263.
Rippenkühler, eingerichtet für Ventilation und Heizung des Lokales 263.
Rückschlag der entzündeten Ladung 291.

Sackgassenähnliche Räume im Verbrennungsraum 293.
Schiebebühne mit Motorenantrieb 255.
Schmierapparate 88—89.
Schmieröl, Allgemeines 85.
Schmieröles, Kennzeichen guten 86.
Schmieröldämpfe, brennende 292.
Schmieröl-Reinigungsapparat 90.
Schmierölprüfung 88.
Schmierung, versäumte 288.
Schienenfahrzeuge, Einleitung 220.
Schienenfahrzeug, betrieben mit Benzinmotor vom Jahre 1880 220.
Sechszylindermotor von Achenbach & Co. 165.
Sechszylinderwagen »Hexe« 206.
Solaröl 8.
Sommerwaggonett, Daimlers, vom Jahre 1887 221.
Spiritus, Allgemeines 9.
Spiritus, Eigenschaften als Motorbrennstoff 21.
Spiritus, Feuersgefahr 21.
Stehenbleiben des Motors nach kurzem Anlauf 283.
Stehenbleiben d. Motors nach längerem Betrieb 286.
Steinkohlenteer 7.
Stöße im Motor 294.
Straßen- und Schienenfahrzeuge, Einleitung 197.
Steuerungsräder (versetzte) 291.
Steuerungsteile (abgenutzte) 291.
Stromleitung für Lichtbogenzündung 105.
Stromunterbrecher 103.

Transmission, Lage des Motors zur 258.
Transport des Motors nach dem Aufstellungsort 258.

Überhängeschraube der Cudell-Motorengesellschaft 231.
Umkehrschraube von Grob & Co. 229.
Umkehrschraube von Meißner 230.
Undichtigkeiten an den Ventilen, dem Kolben und Fugen 290.
Unregelmäßiger Gang des Motors 285.
Unterseebootsmotor von Körting 185.

Ventilationskühler 264.
Ventile, Allgemeines 56.
Ventile, Instandhaltung der 277.
Verbrennungsraum 51.
Viertakt-Arbeitsverfahren 46.
Vierzylindermotor der Adlerwerke 159.
Vierzylindermotor »Bayard« 168.
Vierzylindermotor der Daimler-Motorengesellschaft 163.
Vierzylindermotor für Petroleum von Swiderski 169.
Vierzylindermotor der »Union« 171.
Vorspannwagen von Troost 218.

Walzmühle mit Motorenantrieb 268.
Wärmewert des Benzins 11.
Wärmewert des Petroleums 14.
Wärmewert des Benzols und Ergins 18.
Wärmewert des Spiritus 20.
Wartung der Motoren, Allgemeines 275.
Wartung während des Betriebes 276.
Wendegetriebe für Bootsschrauben (Daimler) 229.
Wendegetriebe für Bootsschrauben (Bieberstein & Gödicke) 230.
Wendegetriebe für Bootsschrauben (Kämper) 231.
Wasserfahrzeuge mit Motorantrieb, Allgemeines 227.

Zentrifugalregulatoren, Allgemeines 81.
Zentrifugalregulator der Adlerwerke 82.
Zentrifugalregulator von Daimler 82.
Zerstäuber von Banki 61.
Zerstäuber von Körting 60.
Zugänglichkeit des Motors 259.
Zündkerze der Nekarsulmer Fahrradwerke 102.
Zündkerze zur Lichtbogenzündung 105.
Zündrohrformen 94.
Zündstutzen 99 und 119.
Zündungen, Ausbleiben von 290.
Zündung, periodisches Ausfallen der 285.
Zündung zu früh oder zu spät 289.
Zündvorrichtungen, Allgemeines 91.
Zweitakt, Allgemeines 46.
Zweitakt von Söhnlein 138.
Zweitakt von Wittig & Hees 27.

Namen- und Firmenverzeichnis.

Achenbach & Co., Hamburg 165, 206.
Adlerwerke Frankfurt a M. 63, 159.
Akroyds Motorensystem 39.
Antoinette Société Paris 196.
Bankis Motorensystem 143.
Bayard Kraftwagenmarke 168, 213.
Benz Kraftwagensystem 200.
Bieberstein & Gödicke, Hamburg 188, 242, 254.
Bronsmotorenfabrik in Appingedamm (Holland) 152.
Capitaines Motorensystem 36, 76.
Clément Paris 168.
Cudell, Motorengesellsch. Berlin N. 231.
Cyklon, Maschinenfabrik in Rummelsburg-Berlin 179, 215.
Daimlers Motorensystem 30, 181, 198.
Daimler-Motorengesellschaft in Untertürkheim 163, 208, 212, 251.
Deutz, Gasmotorenfabrik in Köln-Deutz 116, 121, 187, 240, 248, 250.
Diesels Motorensystem 44, 71, 144.
Dufaux & Co., Motorfahrradfabrik in Genf 176. 217.
Frederikshavns Jernstoberi & Maskinfabrik 41.
Ganz & Co., Budapest 140, 244.
Gardners Motorensystem 132, 188.
Grob & Co., Leipzig-Eutritzsch 229, 256.
Hexe, Kraftwagenmarke 165.
Hocks Motorensystem 23.
Hornsbys Motorensystem 39.
Kämper Heinr., Berlin-Marienfelde 191.
Kjelsbergs Motorensystem 34.
Korff August, Aktienges., Bremen 4.
Körting, Gebr., Aktienges., Hannover 110, 183, 185, 196, 245, 255.
Lilienthal Otto 238.
Longuemare, Paris 65, 69, 72.
Meißner Karl, Hamburg 230, 233.
Neckarsulmer Fahrradwerke 65, 216.
Oberurseler Motorenfabrik, A. G. in Oberursel b. Frankfurt a. M. 127, 225, 241, 251
Renard, Ingenieur 237.
Rütgerswerke Berlin W. (Ergin) 19.
Söhnleins Motorensystem 138.
Solos Motorengesellschaft Wiesbaden 138.
Swiderski Maschinenbau-A.-G., Leipzig-Plagwitz 124, 169, 181, 245.
Tangyes Ltd., Birmingham 135, 243, 249.
Troost, Oberleutnant der Schutztruppe, Berlin W 218.
Thornycroft & Co. Ltd., Southampton 193.
Trinklers Motorensystem 150.
Union, Nürnberger Motorenfahrzeugfabrik 171, 214.
Wanderer Fahrradwerke, Schönau-Chemnitz 178, 217.
Wietze, Petroleumfundstätte Provinz Hannover 1.
Wittig & Hees, Motorensystem 27.
Zeppelins Luftschiff 239.

Preislistenverzeichnis.

Seite

Bieberstein & Gödicke in Hamburg (System Gardner) 134
Deutz, Gasmotorenfabrik in Köln-Deutz 120, 123
Dieselmotoren der Maschinenfabrik »Augsburg« in Augsburg 149
Kämper Heinrich, Berlin-Marienfelde 192
Körting, Gebr., A.-G., Hannover-Körtingsdorf 115, 184
Oberurseler Motorenfabrik A.-G. in Oberursel bei Frankfurt a. M. 130
»Solos«, Motorengesellschaft Wiesbaden 139
Swiderski, Maschinenbau-A.-G. Leipzig-Plagwitz 123




Verlag von R. Oldenbourg in München und Berlin

Aus der Gasmotorenpraxis. Auswahl, Prüfung und Wartung der Gasmotoren. Von **G. Lieckfeld,** Zivilingenieur in Hannover. Zweite erweiterte und verbesserte Aufl. 120 Seiten 8°. Mit 53 Abbildungen. In Leinw. geb. Preis M. **2.75.**

Die epochemachenden Neuerungen auf dem Gebiet der Motorenkonstruktion und der dazu gehörenden Gaserzeugung im letzten Jahrzehnt haben eine gründliche Umarbeitung der schon seit längerer Zeit vergriffenen ersten Auflage des Werkchens bedingt. Der Verfasser, der auf eine 30 jährige Praxis zurückblicken kann, hat sich dieser mit großer Umsicht bei völliger Beherrschung der Materie unterzogen.

Das Werkchen dürfte sicher viel dazu beitragen, das Verständnis für die Eigenart der Gasmotoren zu fördern und das Arbeiten mit ihnen zu einem angenehmen zu machen und können wir es daher nur zur Anschaffung empfehlen. *(Gewerblich-Technischer Ratgeber.)*

Grofs-Gasmaschinen. Von Dr. **A. Riedler,** Kgl. Geh. Regierungsrat und Professor. 197 Seiten gr. 4°. Mit 130 Textabbildungen. Preis M. **10.—.**

Der auf diesem Gebiet hervorragend bekannte Verfasser schafft mit diesem Werke sowohl den Großgasmaschinen-Konstrukteuren, wie auch den Gasmaschinentechnikern im allgemeinen eine Fülle von Anregungen und Klarstellungen für die kritische Beurteilung dieser neuzeitigen Kraftspender. — Die Schärfe und Klarheit, mit welcher der Verfasser den bisher vielfach beschrittenen Weg einer Ableitung der Bauart der Großgasmaschinen aus der Konstruktion der viel verbreiteten Kleingasmaschinen verurteilt, dürfte auch für den Nichtspezialisten auf diesem Gebiete von Bedeutung sein; die dagegen empfohlene Ableitung der Konstruktion der Großgasmaschinen aus dem Dampfmaschinenbau wird allgemeines Interesse finden. Das vorliegende zeitgemäße Werk ist für den Spezialisten von hohem praktischen Wert, wird aber auch für die Geschichte des Großgasmaschinenbaus von hervorragender Bedeutung bleiben.

(Zeitschrift für Heizung, Lüftung und Beleuchtung.)

Neuere Wärmekraftmaschinen. Versuche und Erfahrungen mit Gasmaschinen, Dampfmaschinen, Dampfturbinen etc. Von **E. Josse,** Professor und Vorsteher des Maschinen-Laboratoriums der Kgl. techn. Hochschule zu Berlin. 116 Seiten gr. 4°. Mit 87 Textabbildungen und 1 lithogr. Tafel. (Zugleich Heft 4 der Mitteilungen aus dem Maschinen-Laboratorium der Kgl. techn. Hochschule zu Berlin.) Preis M. **7.—.**

Das vorliegende 116 Seiten starke Heft in Großquartformat gehört zu den interessantesten und wertvollsten Publikationen, welche die technische Literatur des Maschinenbauwesens im vergangenen Jahre aufweisen kann. Es enthält eine Reihe von Berichten über Versuche, die der Verfasser zur Lösung der wichtigsten aktuellen Fragen des Kraftmaschinenbaues vorgenommen und in vollkommener Weise durchgeführt hat. Die Ergebnisse dieser Versuche sind für die Praxis von unmittelbarer Bedeutung und Anwendungsfähigkeit. Begründet dieser Umstand den Wert des sachlichen Inhalts, so ist die anregende Form, in welcher der Verfasser seine zeitgemäßen Mitteilungen zu gießen wußte, erst recht geeignet, das Interesse der Leser in hohem Maße zu fesseln. — Wer sich dafür nur einigermaßen interessiert und vom Fache ist, sollte es nicht versäumen, das Werk zur Hand zu nehmen, er wird die aufmerksame Lektüre nicht zu bereuen haben.

(Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins.)

Grofsstädtische Kraftwerke für Privatbetriebe. Von Professor **E. Josse** (nach fremden und eigenen Entwürfen). 23 Seiten gr. 4°. Mit 45 Textabbildungen. Preis M. **1.50.** (Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1907.)



Zu beziehen durch jede Buchhandlung.



Verlag von R. Oldenbourg in München und Berlin

Die Luftschiffahrt nach ihrer geschichtlichen

und gegenwärtigen Entwicklung. Von **A. Hildebrandt,** Hauptmann, Lehrer im Luftschifferbataillon. Mit einem Titelbild (erste Farbenphotographie vom Ballon aus, von Prof. Miethe), 230 Textabbildungen und 1 Tafel. 433 Seiten gr. 8°.

Elegant ausgestattet; in Leinwand geb. Preis M. **15.**—.

Das Hildebrandtsche Buch gibt nicht nur einen historischen Überblick über die Aeronautik und ihre Hilfswissenschaften sondern klärt auch über die technischen Fragen in einer auch für Laien verständlichen Weise auf. Gebiete, über die überhaupt noch nie erschöpfendes Material veröffentlicht worden ist, wie z. B. die Ballonphotographie und das Brieftaubenwesen, sind eingehend berücksichtigt worden. Der Verfasser, der seit 14 Jahren die Luftschiffahrt praktisch und theoretisch betreibt, ist lange Jahre in diesen Spezialgebieten der Aeronautik tätig gewesen; so konnte er z. B. die Erfahrungen von etwa 80 von ihm unternommenen Ballonfahrten, die hauptsächlich photographischen Untersuchungen gedient haben, bei seinem Buche verwerten. Ihrer Bedeutung entsprechend ist auch der wissenschaftlichen Luftschiffahrt ein breiter Raum gewidmet. Als Mitglied der „Internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt" konnte der Verfasser auch diese Materie sachgemäß behandeln, wobei er sich stets einer leicht verständlichen Sprache bedient. Besonders anziehend wirken die Kapitel über militärische und sportliche Luftschiffahrt und die Schilderungen von Episoden interessanter Ballonfahrten.

Das Buch ist von der gesamten Presse glänzend besprochen.

So sagt z. B. die „Wiener Luftschifferzeitung":

„Die Luftschiffahrt" von A. Hildebrandt ist das derzeit **weitaus beste, sachlich richtigste und vollständigste Werk.**"

Der „Tag": „**Fraglos das bedeutendste Buch.**"

Die „Tägliche Rundschau": „**Das Werk eines so hervorragenden Fachmannes wirkt wie ein Ereignis.**"

Die „Leipziger Illustrierte Zeitung": „**Kabinettstücke, wie sie bisher in der Literatur über Luftschiffahrt nirgends zu finden waren.**"

Die Technik der Lastenförderung einst und jetzt.

Eine Studie über die Entwicklung der Hebemaschinen und ihren Einfluß auf Wirtschaftsleben und Kulturgeschichte. Von Professor Dr. **O. Kammerer.** Buchschmuck von O. Blümel, München. Mit etwa 200 Textabbildungen. 270 Seiten gr. 8°.

Elegant geb. (Original-Einband von Blümel) Preis **M. 8.**—.

Das Werk behandelt die Entwicklungsgeschichte der zum Lastentransport dienenden Vorrichtungen und zwar unterscheidet Verfasser dabei vier Zeitperioden, nämlich Antike und Mittelalter, ferner das 16., 17. und 18. Jahrhundert bis zur Einführung der Dampfkraft um das Jahr 1820, sodann das 19. Jahrhundert bis zur Einführung der elektrischen Kraftübertragung in den Hebemaschinenbetrieb um das Jahr 1890 und schließlich die jüngste Zeit von 1890 bis jetzt. Bezüglich der verschiedenen Arten macht Verfasser folgende Einteilung: a) Die Lastenförderung im Bergbau, b) Die Hebemaschinen im Hüttenwerk, c) Massentransport in Hafenanlagen, d) Lastenbewegung in Werften, e) Hebemaschinen an Bord, f) Schiffshebewerke. Das Werk ist dem deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik in München gewidmet.

Durch das vorliegende von berufener Hand verfasste Werk erfährt die leider spärlich vertretene Literatur über historische Technik eine wertvolle Bereicherung. Es wäre zu wünschen, daß das Buch eine weitgehende Verbreitung finden würde und dadurch in allen Fachkreisen Anregung zu geben, die historischen Studien etwas mehr zur Geltung zu bringen, als dies bis jetzt geschehen ist. *(Zeitschrift f. Dampfkessel- und Maschinenbetrieb.)*

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.















